



El ambiente es de todos

Minambiente

ESTUDIO NACIONAL

DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN EN COLOMBIA

2019

IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

“

ESTE ESTUDIO ES UN INSTRUMENTO DEL PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO A LA CALIDAD DE LOS SUELOS DE COLOMBIA Y SE CONSTITUYE EN LA LÍNEA BASE DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN A ESCALA 1:100.000 - AÑO 2019.

ESTE DOCUMENTO CONTIENE: MARCOS DE REFERENCIAS, SUSCEPTIBILIDAD A LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN, ZONIFICACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN Y UN ATLAS DEPARTAMENTAL DE INDICADORES DE DEGRADACIÓN POR SALINIZACIÓN

”

9 789585 489165

ESTUDIO NACIONAL | DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN EN COLOMBIA

2019

ESTUDIO NACIONAL

DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN EN COLOMBIA

2019

IDEAM

Iván Duque Márquez
Presidente de la República de Colombia

Ricardo José Lozano Picón
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Yolanda González Hernández
Directora General
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Ana Celia Salinas Martín
Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental, Ideam

EDITORES

Fredy Hernando Neira Méndez
Paula Milena Hernández Marroquín
Reinaldo Sánchez López

DISEÑO, DIAGRAMACIÓN E IMPRESIÓN
Imprenta Nacional de Colombia

ILUSTRACIONES
Camilo Andrés Sánchez Ramos

ARCHIVO FOTOGRÁFICO
Grupo de Suelos y Tierras
Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, Ideam

FOTOGRAFÍAS

Fredy Hernando Neira Méndez
Paula Milena Hernández Marroquín
Javier Otero García
Edson Urrego Marroquín
Reinaldo Sánchez López
Carlos Gómez Sánchez

FOTO CARÁTULA
Paipa, Boyacá / 2015 / Fredy Neira

CARTOGRAFÍA
Instituto de Hidrología, Meteorología
y Estudios Ambientales, Ideam

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam

Yolanda González Hernández
Directora general

Gilberto Galvis Bautista
Secretario general

CONSEJO DIRECTIVO

Ricardo José Lozano Picón
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Ángela María Orozco Gómez
Ministra de Transporte

Gloria Amparo Alonso Másmela
Directora del Departamento Nacional de Planeación

Juan Daniel Oviedo Arango
Director del Departamento Administrativo Nacional de Estadística

Juan Pablo Ruiz Soto
Delegado de Presidencia de la República

Ramón Leal Leal
Director Ejecutivo de la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible

Diego Fernando Hernández Losada
Director General del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias)

Gilberto Galvis Bautista
Secretario Técnico del Consejo

DIRECTIVAS

Ana Celia Salinas Martín
Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental

Diana Marcela Vargas Galvis
Subdirectora de Estudios Ambientales

Nelson Omar Vargas Martínez
Subdirector de Hidrología

Eliécer David Díaz Almanza
Subdirector de Meteorología

Mery Esperanza Fernández Porras
Jefe de Oficina del Servicio de Pronósticos y Alertas

Telly de Jesús Month Parra
Jefe de Oficina Asesora de Planeación

Leonardo Cárdenas Chitiva
Jefe de Oficina de Informática

Gilberto Antonio Ramos Suárez
Jefe de Oficina Asesora Jurídica

María Eugenia Patiño Jurado
Jefe de Oficina Control Interno

Andrés Echavarría Palomares
Jefe de Oficina Cooperación Internacional

Juan Fernando Casas Vargas
Jefe de Grupo de Comunicaciones y Prensa

CÍTESE COMO

IDEAM. 2019. Estudio nacional de la degradación de suelos por salinización.
Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 188 pp

ISBN: 978-958-5489-16-5

2019, Instituto de Hidrología,Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam. Todos los derechos reservados.
Publicación aprobada por el Ideam.
Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente.
Su reproducción total o parcial debe ser autorizado por el Ideam.

Diseño, diagramación e impresión: Imprenta Nacional de Colombia
Impreso en Colombia - Printed in Colombia

El ambiente es de todos | Minambiente

AGRADECIMIENTOS

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente)
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura)
FAO-Colombia
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam): Subdirección de Meteorología / Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental / Subdirección de Hidrología / Subdirección de Estudios Ambientales / Oficina Asesora de Planeación / Oficina Asesora Jurídica/Oficina de Control Interno/Oficina de Informática/Oficina de Pronósticos y Alertas / Grupo de Bosques / Grupo SIAC/
Área operativa Ideam San Andrés y Providencia y Laboratorio de Calidad Ambiental del Ideam.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC): Subdirección de Agrología y Laboratorio Nacional de Suelos
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia): Sedes Tibaitatá, Nataima, La Selva
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA)
Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Regional Cesar
Gobernación del Atlántico, Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Gobernación de Boyacá, Gobernación del Tolima, Alcaldía de Providencia y Santa Catalina Islas, Alcaldía Municipal de Tocaima, Alcaldía Municipal de Villa de Leyva, Alcaldía de Paz del Río, Alcaldía de Palmira
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) / Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder) / Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique) / Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre) / Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS) / Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB) / Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina): sedes San Andrés y Providencia / Corporación Autónoma Regional del Magdalena (Corpamag) / Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) / Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corpocaldas) / Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar) / Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor) / Corporación Autónoma Regional de La Guajira (Corpoguajira) / Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio) / Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y el San Jorge (Corpomojana) / Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño) / Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor) / Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia) / Corporación Autónoma Regional del Tolima (Cortolima) / Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) / Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) / Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) / Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB) / Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) / Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
Asociaciones de Usuarios de Distritos de Adecuación de Tierras: de riego y drenaje de gran escala del alto Chicamocha y Firavitoba (Usochicamocha) / de los municipios de Roldanillo, La Unión, Toro (Asorut) / de gran escala de María La Baja (Asomarialabaja) / de los ríos Coello y Cucuana (Usocoello) / del Río Saldaña (Ususaldaña) / de mediana escala (Asojuncal) / de San Alfonso (Usoalfonso) / de Samacá (Asusa) / de Gran Escala del Río Frío (Asoriofrío). Distritos de Riego: El Hoyo de la Mina / El Porvenir (Asoporvenir) / La Carbonera / Las Juntas / La Manguita- Asolamanguita/Repelón / Río Ranchería / Mocarí / La Doctrina / Río Bugalagrande (Asoribu).
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A) / Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) / Universidad del Tolima / Universidad Nacional de Colombia: Sede Caribe, Palmira y Jardín botánico Sede San Andrés / Universidad de Córdoba / Universidad de Sucre / Agrilab Laboratorios S.A.S / Centro de Investigaciones para la Caña de Azúcar (Cenicaña) / Grupo de Investigación en Suelos Sulfatados Ácidos (Gissat) / Salinas de Manaure / Unión de Bananeros de Urabá S.A (Uniban) / Juntas de Acción Comunal Tierrabomba
A los Doctores: Hugo Eduardo Castro Franco / Álvaro García Ocampo / Iván Darío Bustamante Barrera / Jaime Torres Bazurto / Fabio Garavito Neira / Germán Cely Reyes / Jorge Alberto Sánchez Espinosa / Álvaro Enrique Castañeda Torres y a todos los participantes en los diferentes talleres y reuniones nacionales, regionales y locales, así como a los agricultores y propietarios de los predios donde se tomaron las muestras de suelos.

AUTORES

Fredy Hernando Neira Méndez
Paula Milena Hernández Marroquín
Reinaldo Sánchez López
Javier Otero García
Daniel Gama Beltrán

EQUIPO DE TRABAJO

Yolanda González Hernández / Ómar Franco Torres / María Saralux Valbuena López / María Teresa Becerra Ramírez
Edith González Afanador / Ana Celia Salinas Martín / Reinaldo Sánchez López / Liz Johanna Díaz Cubillos
Claudia Patricia Olarte Villanueva / Blanca Imelda Montañez Orozco / Carlos Eduardo Gómez Sánchez
Fredy Hernando Neira Méndez / Javier Otero García / Paula Milena Hernández Marroquín / Daniel Gama Beltrán
María Angélica Fernández García / Jorge Luis Ceballos Liévano / Patricia León Poveda / Nidia Cristina Mayorga Ulloa
Nelson Ómar Vargas Martínez / Ana Isabel Sevillano Cárdenas / Julio César Álvarez Peña
Sulma Alexandra Gómez Bello / Alejandro Salamanca García / Edson Giovanni Urrego Marroquín / Ruth Leonor Correa Amaya
Lina Rocío Viasus Figueredo / Vicente Arquímedes Peña Bohórquez / Yenny Beatriz Mendoza Plazas
Alba Lucía Montoya Morales / Inés Valencia Restrepo / Gustavo Edelmo Bonilla Arias / Jamer Zúñiga Galindo
Milton Antonio Camacho Chávez / Carlos Jorge Caicedo Cuervo / Marco Antonio Suárez Galeano
María Camila Gómez Bonilla / Edwin Giovanni Guarín Vargas / Andrés Calle Méndez / María Daniela Gómez Salcedo
Eliana Marcela Mendoza Parra / Ángela Viviana Martínez Roa / Wílmar Daher Castaño Sánchez / Camilo Andrés López Cuervo
Angie Roxana González Cubides / Pablo César Otálora Cárdenas / Juan David Palencia Rivera
Ignacio Arias Burgos / Laura Marcela Sánchez Ávila / Óscar Fabián Martínez Camacho / Rosa Nelly Enciso Velásquez
Juan Bautista Acevedo / Kelin Johana Gómez Hernández / Nubia Traslaviña Saavedra
Pablo Enrique Coy Pulido.

COORDINACIÓN Y DIRECCIÓN TÉCNICA

Reinaldo Sánchez López
Coordinador Grupo de Suelos y Tierras
Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental
Ideam

PRÓLOGO



Suelos salinos. Boyacá, 2015 /Fredy Pleira.

La salinización, definida como el aumento de sales en los suelos, es uno de los principales procesos de degradación de suelos reportados en los ámbitos mundial y nacional que afecta las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos como la producción de alimentos, fibras y medicinas, la regulación del ciclo hidrológico, el secuestro de carbono, la capacidad productiva de los suelos, la calidad y disponibilidad del agua, los hábitats y la biodiversidad, además inciden en la degradación de suelos por erosión y en el riesgo a inundaciones por falta de cobertura, deteriora la infraestructura, contribuye al cambio climático, al efecto invernadero y ocasiona desertificación.

La salinización está directamente relacionada con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) orientados a la disminución de la pobreza (ODS 1); a la seguridad alimentaria (ODS 2), puesto que amenazan los suelos que son más productivos, especialmente, en donde se implementan tecnologías para mejoramiento de los cultivos; del agua limpia y del saneamiento (ODS 6), ya que muchas corrientes de agua son afectadas por las sales lavadas de los suelos; de la acción por el clima (ODS 13); y de la vida para los ecosistemas terrestres (ODS 15). En este contexto, este estudio se considera una guía para que Colombia logre las correspondientes metas en los respectivos ODS.

La salinización es uno de los principales procesos que conlleva a la "Desertificación", por lo cual debe prestarse una especial atención a este proceso. Colombia, adscrita a la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD) y a la iniciativa de Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT), tendrá una base técnica científica para la toma de decisiones en cuanto a estrategias para el Plan de Acción contra la Desertificación y Sequía; de igual forma, es un indicador clave de degradación de suelos y tierras para la gestión sostenible del suelo en Colombia.

El suelo, recurso natural finito, resultado de la interacción de los factores y procesos formadores, que ha tardado miles de años en formarse, es el sustento y soporte de la vida en nuestro planeta, aunque afronta impactos de trascendencia mundial y nacional actualmente, debido al crecimiento continuo de la población mundial, al uso y abuso de los suelos, a las actividades, a la ocupación y apropiación inadecuadas que conjuntamente con las dinámicas naturales e inducidas como la variabilidad y cambio climático, que han desencadenado procesos crecientes y en muchos casos desconocidos de deterioro de la calidad de los suelos.

La degradación de los suelos desencadena una serie de dinámicas ambientales, económicas y sociales como la variabilidad y el cambio climático, el aumento de amenazas naturales cada vez más frecuentes y agresivas (deslizamientos, crecientes, sedimentación, inundaciones y sequías, entre otras), la pobreza, el hambre, la disminución de la calidad de vida de las personas y con ella el aumento de la inseguridad y la violencia social. La degradación de suelos no solo afecta las sociedades actuales, sino que comprometen las generaciones futuras.

Ante esta problemática, recientemente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la institucionalidad del país promulgaron la "Política para la Gestión Sostenible del Suelo en Colombia" (MADS, 2016), la cual está en proceso de implementación mediante seis líneas estratégicas.

El Ideam, en el marco de sus funciones, lidera la implementación de la línea estratégica cuatro de la Política, mediante la formulación e implementación del Programa de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y tierras en Colombia, el cual prevé la elaboración de instrumentos y protocolos para la identificación y evaluación de los procesos de degradación, entre ellos el de salinización, con miras al establecimiento de las líneas base para el monitoreo y seguimiento del estado de la calidad de los suelos.

11 | INTRODUCCIÓN
131 | BIBLIOGRAFÍA

I. MARCOS DE REFERENCIA
14

II. SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS DE COLOMBIA A DEGRADACIÓN POR SALINIZACIÓN
40

III. ZONIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN
68

IV. ATLAS
136

Suelos con sodio. Repelón, Atlántico, 2019 / Fredy Neira.

INTRODUCCIÓN

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) da a conocer el primer estudio de degradación de suelos por salinización, de cubrimiento nacional, como instrumento para la toma de decisiones para la gestión sostenible del suelo en los planes de ordenamiento ambiental y territorial, en los de manejo de cuencas y en los de desarrollo a nivel nacional, regional y local.

El estudio se aborda en cuatro secciones. La primera corresponde a marcos de referencia, conceptual y contextual de la salinización. Establecer las bases para las estrategias de manejo de la salinización requiere como punto de partida de una contextualización de conceptos, desde un enfoque integral, con un sistema de clasificación que integra todas las posibilidades hasta ahora encontradas para los casos de Colombia, reportados y apoyados por los conocimientos de expertos locales en diferentes procesos de salinización de suelos.

La segunda corresponde a la determinación de la susceptibilidad de los suelos de Colombia a la degradación por salinización, en la cual se presenta la propuesta metodológica para identificar y analizar las zonas que potencialmente podrían presentar procesos de degradación de suelos por salinización tanto por condiciones naturales de los suelos como por factores antrópicos, lo cual permite generar medidas de prevención o mitigación de la degradación de suelos por salinización, en el corto, mediano y largo plazo.

En la tercera sección se presenta la zonificación del estado actual de la degradación por salinización siguiendo los lineamientos propuestos en el Protocolo para la Identificación y Evaluación de la Degradación de Suelos por Salinización (Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017), a partir del modelo conceptual de los indicadores FPEIR (fuerzas, presión, estado, impacto y respuesta).

Finalmente, se presentan indicadores de estado, causa e impactos para los departamentos, en los cuales se identificaron procesos de degradación a escala nacional, esta herramienta servirá para la toma de decisiones de la gestión sostenible de los suelos.

La determinación de la susceptibilidad de los suelos a degradación por salinización, así como la zonificación de la línea base y la evaluación con el enfoque metodológico LADA (fuerzas, presiones, estado, impacto y respuestas) son la clave para establecer estrategias de manejo para prevenir, detener, reducir, mitigar, revertir la degradación por salinización o generar alternativas de adaptación, para los casos más críticos.

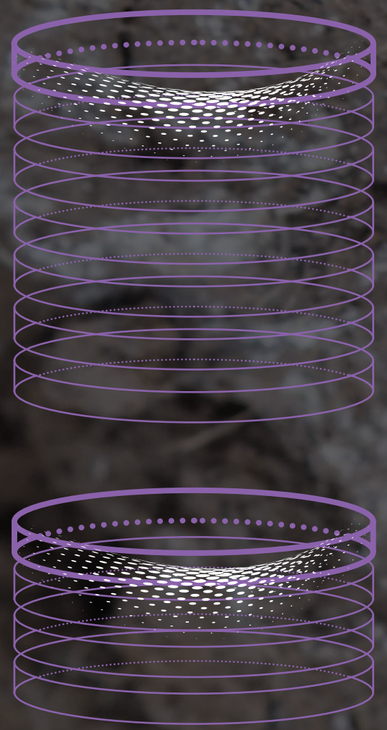
La zonificación de la degradación de suelos por salinización se ha elaborado con base en la información más reciente generada durante los años 2015 a 2019, con el apoyo técnico de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A), con el aporte del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), de los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental (SINA), las corporaciones autónomas regionales, la academia y la comunidad técnica científica y con la colaboración para el trabajo de campo de diferentes instituciones como corporaciones regionales autónomas y asociaciones de usuarios de distritos de adecuación de tierras.

Las sales afectan el crecimiento de las plantas, Paipa, Boyacá, 2015. / Fredy Neira.

El Ideam da a conocer al país el primer "Estudio nacional de la degradación de suelos por Salinización", con un enfoque en las funciones naturales y servicios ecosistémicos de los suelos como herramienta para el monitoreo de la calidad de los suelos y la toma de decisiones para la gestión integral del recurso suelo.

Nilo, Cundinamarca. 2017 / Fredy Neira.

I. MARCOS DE REFERENCIA



1.	**MARCO CONCEPTUAL**	**17**
1.1	¿Qué es el suelo?	17
1.2	¿Por qué son importantes los suelos?	17
1.3	¿Qué es la degradación de los suelos?	20
1.4	¿Qué son sales en los suelos?	22
1.5	¿Qué es salinidad del suelo?	22
1.6	¿Qué es salinización?	22
1.7	Efectos de la salinización	22
1.8	Susceptibilidad a salinización	24
1.9	¿Por qué es importante conocer la susceptibilidad de salinización?	24

2.	**MARCO CONTEXTUAL**	**31**
2.1	Impactos de la salinización a nivel mundial	31
2.2	Principales casos internacionales	32
2.3	La salinización y salinidad a nivel nacional	33
2.4	Contexto político	35

Reacción de suelos calcáreos, Cundinamarca 2019 / Fredy Neira.

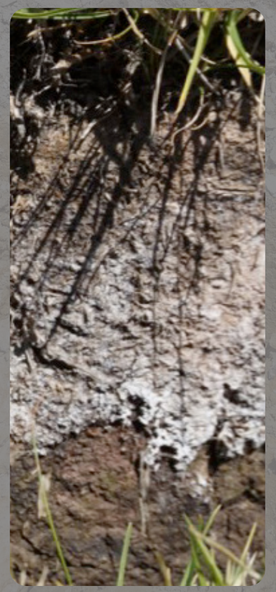
Edafodiversidad. Colombia es un país diverso en suelos. Así mismo, el uso y manejo debe considerar la naturaleza de los suelos para evitar su degradación.



Inceptisol: Toluviejo, Sucre



Entisol, Cundinamarca



Inceptisol: Paipa, Boyacá



Ultisol: Sahagún, Córdoba

Perfiles de suelo / Fredy Neira.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 ¿QUÉ ES EL SUELO?

El suelo es la parte superficial de la corteza terrestre constituida por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, formado durante miles de años a partir de rocas o sedimentos (minerales y orgánicos) por procesos de meteorización e intemperismo físicos y químicos y biológicos por la interacción con el clima y que han desarrollado la capacidad de originar y sostener la vida. Los suelos son sistemas donde suceden diferentes tipos de procesos, como ganancias, pérdidas, movimientos y transformaciones que van dejando su huella en forma de horizontes.

El suelo es "un cuerpo natural que comprende sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de la tierra, que ocupa un espacio, y que se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural" (USDA, 2006).

Es necesario tener en cuenta que el suelo es un componente fundamental del ambiente, natural finito, cumple funciones y presta servicios ecosistémicos vitales para la sociedad y el planeta.

La política para la gestión sostenible del suelo define el suelo como "un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta" (MADS, 2015).

Los suelos están conformados por capas denominadas horizontes, que son el resultado de su origen y evolución a partir de la interacción de diferentes factores, como el material parental (el material a partir del cual se originan los suelos), el clima, el relieve, los organismos (incluido el hombre) y el tiempo.

1.2 ¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS SUELOS?

Los suelos cumplen muchas funciones: Proveen alimentos para toda la cadena trófica; contienen organismos que regulan los ciclos de los nutrientes en la naturaleza; son los encargados de almacenar, filtrar, purificar y regular el agua; de ellos provienen las medicinas. De los suelos dependen la biodiversidad del planeta y la regulación del cambio climático, de las inundaciones y las sequías.

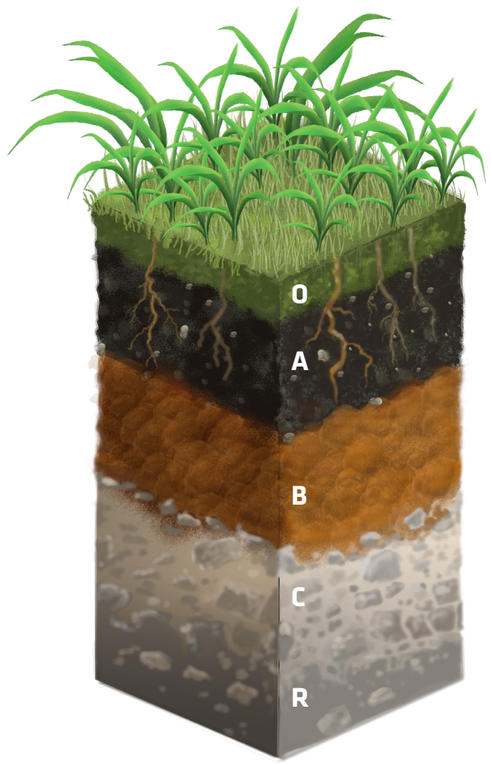


Figura 1. ~Perfil de suelo.
Fuente: Ilustración: autores / digitalización: Camilo Sánchez.

Funciones y servicios ecosistémicos del suelo

El suelo desempeña una serie de funciones, tanto ambientales como sociales y económicas, que resultan fundamentales para la vida (FAO, 2015).

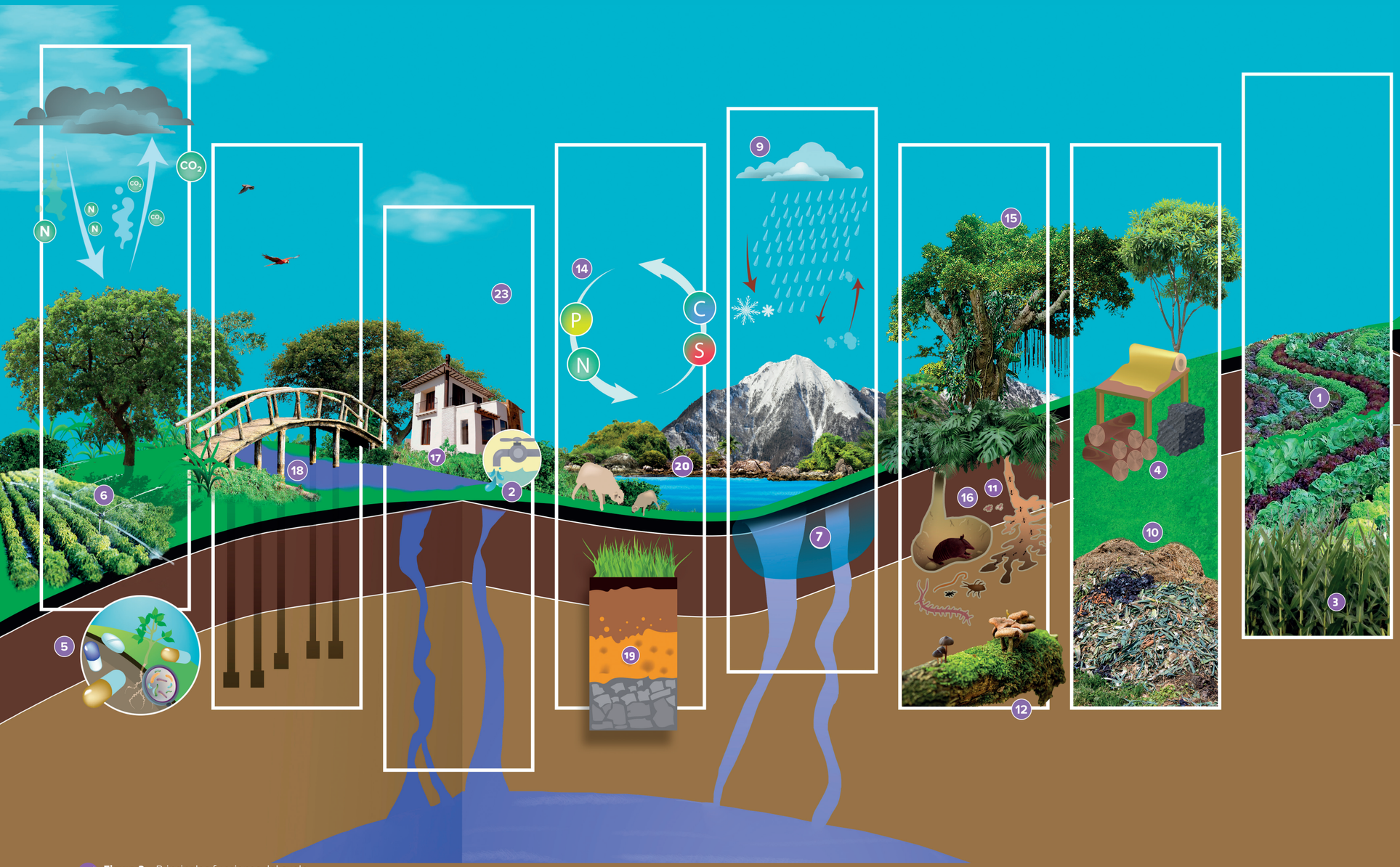


Figura 2. ~Principales funciones del suelo.
Fuente: Ilustración: autores / digitalización: Camilo Sánchez.

Servicios

Provisión

1. De alimentos. La mayor parte de los alimentos que consumimos proviene del suelo. En el suelo se inicia la cadena alimenticia de la vida terrestre.
2. De agua potable.
3. Provee y es fuente de materias primas, forrajes, fibras y combustibles.
4. De materiales para construcción (arcilla, arena, grava, minerales, madera, etc.).
5. De productos medicinales y recursos genéticos.
6. De agua, nutrientes y soporte físico para la agricultura y la silvicultura.

Regulación

7. Es el componente principal en el ciclo hidrológico, pues se encarga de capturar, filtrar, purificar, almacenar y regular el agua.
8. Favorece el intercambio de gases con la atmósfera. Captura y retiene CO_2 y gases de efecto invernadero.
9. Regula el clima mediante captura y retención de carbono.
10. Filtra y amortigua los materiales orgánicos e inorgánicos.
11. Filtra y descompone contaminantes.
12. Descompone materia orgánica.
13. Regula el ciclo de los nutrientes.
14. Controla y regula amenazas naturales (quemas, inundaciones, erosión, etc.).

Soporte

15. Sostiene la actividad y la producción biológica.
16. Hábitat biológico y reserva genética de plantas, animales y organismos.
17. Hace parte de la dimensión espacial del desarrollo de asentamientos humanos. Por ejemplo, determina la construcción de viviendas e infraestructuras o de instalaciones de eliminación de residuos.
18. Base para las infraestructuras humanas.

Culturales

19. Herencia cultural: Integra el patrimonio cultural. Elemento de la herencia cultural, que contiene restos paleontológicos y arqueológicos importantes para conservar la historia de la tierra y de la humanidad.
20. Belleza escénica y paisajística relevante para la calidad de vida.
21. Turismo y recreación.

Científicos

22. Permite reconocer en la historia de la naturaleza cambios en biodiversidad y en eventos climáticos y otros naturales.
23. Investigaciones sobre minerales, gases, biodiversidad para alternativas en diferentes campos y aplicaciones.

1.3 ¿QUÉ ES LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS?

La degradación de los suelos ocurre cuando sus propiedades cambian de modo que se afecta o deteriora alguna de sus funciones o servicios ecosistémicos, trayendo como consecuencias un ciclo de degradación socioambiental. Generalmente, los efectos de la degradación no son aislados, sino que terminan siendo una red o cadena de efectos ambientales y socioeconómicos.

En algunos casos los suelos son manejados de modo que su productividad agrícola se mantiene, pero sus funciones o servicios ecosistémicos ya están siendo afectados. Aunque en etapas tempranas no se afecta la productividad, en etapas intermedias o avanzadas se evidencian las afectaciones y los suelos pueden llegar a ser totalmente improductivos. Hay innumerables ejemplos de zonas que un día fueron totalmente productivas y despensas agrícolas y hoy son zonas en avanzados estados de desertificación donde ni siquiera existen suelos, de modo que no se pueden restaurar ni el ecosistema original ni el sistema productivo agropecuario.

La degradación es "el resultado de la interacción de factores naturales y antrópicos que activan y desencadenan procesos que generan cambios negativos en las propiedades del suelo (MADS, 2016)".

Actualmente se reportan varios procesos de degradación; y se clasifican por su naturaleza o tipo como físicos, químicos o biológicos. Algunos pueden ser irreversibles, otros manejables o reversibles, pero en general si no se toman medidas a tiempo, la degradación se acelera y los impactos negativos sobre los suelos serán cada vez más difíciles o costosos de mitigar o de detener.

En la mayoría de los casos, los procesos de degradación no se presentan solos, por lo que no solo su identificación y evaluación se hacen más críticas, sino también la necesidad de conocerlos, comprenderlos, analizarlos y entenderlos.

Todos los procesos de degradación tienen efectos *in situ,* es decir, afectan directamente el suelo donde está sucediendo el proceso, y también tienen efectos ex situ, es decir, fuera del área donde ocurre el problema, a veces directamente como efecto, o a veces debido a las estrategias utilizadas para corregir el problema de degradación. Por ejemplo, la erosión directamente tiene impactos ex situ, pues el material va a los cursos y cuerpos de agua, disminuyendo la calidad y cantidad del oxígeno. En el caso de la salinización, una práctica muy común es el lavado de suelos. Con ello se disminuye la concentración de sal en los suelos, pero la sal es llevada a corrientes o cuerpos de agua, alterándolas.



Cuando los procesos de degradación ocurren de forma intensa en ecosistemas secos, se genera otro proceso de degradación de suelos y tierra denominado "Desertificación": La UNEP la define como la degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas, secas y subhúmedas secas (MAVDT, 2004).

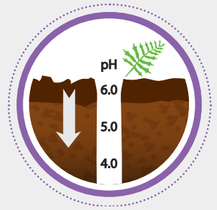
Es importante identificar los procesos de degradación de suelos a tiempo. Esto requiere del conocimiento del proceso, de sus manifestaciones, sus causas y las formas en que ocurren, con el fin de planear y tomar medidas a tiempo para el manejo adecuado y sostenible y evitar los impactos ambientales, sociales y económicos negativos que desencadena la degradación de suelos. Las acciones se deben tomar inmediatamente pues las acciones de mitigación, rehabilitación y restauración de suelos serán no solo más costosas sino más difíciles y en casos la degradación es irreversible.

Los suelos son recursos finitos no renovables; su uso o manejo inadecuados terminan inevitablemente degradándolos. Los suelos demoran cientos de años en formarse, pero usos, actividades o prácticas inadecuados pueden deteriorarlos en muy poco tiempo.

Procesos de degradación químicos de suelos



Salinización
Es el aumento de la concentración de sales en los suelos. Aunque siempre se ha dado un enfoque netamente agronómico por sus impactos negativos en cosechas, la visión actual es mucho más amplia no solo en términos de clasificación de este proceso, sino en sus impactos.



Acidificación
Corresponde a la tendencia de los suelos al aumento de la acidez (reducción del valor de pH en el suelo).



Contaminación
Ocurre cuando hay presencia de químicos o sustancias en concentraciones mayores a las que ocurren naturalmente, pero estas no causan necesariamente daño .



Polución
Es la presencia de un químico o una sustancia en concentraciones más elevadas de las normales, que tienen efectos adversos para cualquier tipo de organismo que no sea el objetivo (FAO, 2018).

Procesos de degradación físicos de suelo



Erosión
Es la pérdida de material de suelos por agua, viento o gravedad. Es el proceso más crítico por ser irreversible. Puede darse de forma natural, o por actividades antrópicas; (acelerada), mientras la natural es parte del equilibro de evolución de los suelos, la antrópica degrada los suelos puesto que el proceso de formación de estos es muchísimo más lento. Un centímetro de suelo requiere cientos de años para formarse, pero puede perderse en pocos meses.



Compactación
Es la reducción del espacio poroso del suelo. Los poros son parte del suelo, necesarios para el flujo de gases y solución del suelo y para procesos de respiración y alimentación de plantas y organismos. La compactación generalmente está asociada a excesos de labranza o labranza inadecuada y a la reducción de la materia orgánica del suelo, que conducen a la pérdida de la estructura original de los suelos.



Sellamiento
Muchos suelos son literalmente "sepultados" ya sea por construcciones civiles (vías, casas, etc.) o por las prácticas de rellenos para elevar la superficie del terreno ya sea para establecer infraestructura, elaborar construcciones y en otros casos para evitar inundaciones o anegaciones.

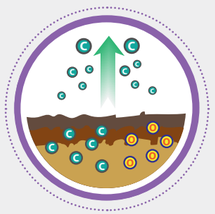


Movimiento en masa
Son movimientos ladera abajo de materiales de rocas y suelos por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Algunos pueden ser lentos, imperceptibles y difusos; otros pueden desarrollar altas velocidades y pueden definirse con límites claros. Existen diferentes factores que los propician, pueden ser causas naturales, como las condiciones del terreno; los procesos naturales y factores antrópicos.

Procesos de degradación biológicos de suelos



Pérdida de biodiversidad
Alude a la población de organismos, desde micro hasta macro que habitan dentro y sobre el suelo. Una cuarta parte de la biodiversidad del planeta habita dentro del suelo, se hace relevante este proceso, especialmente porque son los que mantienen la salud del suelo y permiten que este pueda realizar sus funciones y servicios ecosistémicos.



Pérdida de carbono y materia orgánica
Es la disminución del contenido de material orgánico dentro del suelo por acciones antrópicas directas o indirectas. Todos los organismos producen materia orgánica, que en el suelo es parte del complejo órgano-mineral, les da las propiedades y características a los suelos, al igual que su productividad y sus funciones y servicios.



Infestación
Colonización o sobrepoblación de organismos que inhiben el crecimiento de nativos del suelo o afectan cualquiera de las funciones o servicios de los suelos. Pueden ser desde microorganismos (hongos como fusarium, otros como nemátodos) hasta plantas, como el tamo espinoso, los pinos y eucaliptos que colonizan terrenos donde no han sido sembrados).

Ilustraciones: Fredy Neira; digitalización: Camilo Sánchez.

1.4 ¿QUÉ SON SALES EN LOS SUELOS?

Químicamente, una sal es un compuesto químico conformado por la unión de un metal y una base. En los suelos, las sales se generan por condiciones naturales *in situ* debido al intemperismo de minerales o son transportadas o desplazadas por diversos procesos. El principal agente es el agua, también puede ser el viento.

En términos ecológicos hay tres grupos de sales: el primero corresponde a las de cationes básicos (calcio, magnesio, sodio y potasio), consideradas más solubles que el carbonato de calcio y el yeso (sulfato de calcio). Los principales grupos de sales reportados son cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, boratos, nitratos. Estas han sido las más críticas desde el punto de vista agronómico. El segundo corresponde a sales inorgánicas, como carbonatos, yeso y otras sales menos solubles. El tercero, minerales sulfúricos, generados por suelos sulfatados ácidos.

En la caracterización de las sales se hace referencia al tipo y cantidad, la que se mide principalmente con conductividad eléctrica (CE), saturación de bases (SB) y contenido de iones intercambiables (Ca, Mg, Na, K).

1.5 ¿QUÉ ES SALINIDAD DEL SUELO?

La salinidad se refiere a la presencia o cantidad de sales minerales en el suelo o en la solución del suelo. La salinidad natural del suelo se refiere al contenido de sales por procesos naturales o pedogenéticos (relacionados con el origen y evolución de los suelos).

1.6 ¿QUÉ ES SALINIZACIÓN?

La salinización es el proceso de aumento, ganancia o acumulación de sales en el perfil del suelo, es decir, el "incremento de la salinidad". Se origina de forma natural o antrópica.

Cuando la salinización se origina por actividades antrópicas directas o indirectas, se considera como un proceso de degradación del suelo, ya que cambia el estado natural de los suelos y con ello pueden verse alteradas sus funciones o servicios ecosistémicos.

Por lo general, el aumento de sales en el suelo y en concentraciones elevadas afecta el desarrollo de las plantas. Los primeros efectos investigados de la salinización han sido sobre cultivos, por lo que el criterio de salinización era netamente agronómico. En este documento se utiliza un enfoque ambiental ya que la salinización tiene muchos impactos de esta índole, además de los generados sobre los cultivos.

Actualmente, la mayor parte de información de efectos de la salinización es sobre los cultivos, específicamente sobre los sistemas más comerciales; sin embargo, ya se reportan efectos directos o indirectos de la salinización sobre las funciones y servicios ecosistémicos, tanto *in situ* como *ex situ*.

La salinización es un proceso muy dinámico y estacional que depende de factores igualmente dinámicos, como el clima y el uso. En algunos casos la salinización afecta partes del terreno o parches; debido al movimiento interno del agua en el suelo, las sales pueden reaparecer posteriormente en sitios diferentes, por lo cual, aunque toda una parcela o unidad de suelos similar tenga problemas de salinización, las afectaciones pueden ser localizadas y dispersas en el tiempo.

1.7 EFECTOS DE LA SALINIZACIÓN

La salinidad afecta a las plantas, limita su capacidad de absorción de agua y ocasiona marchitamiento debido a que la concentración de sales solubles incrementa la presión osmótica en la solución del suelo, las plantas ceden –es decir, pierden– el agua contenida en los fluidos celulares hacia el suelo, lo que se conoce como "ósmosis reversa". La pérdida de agua ocasiona estrés hídrico, marchitamiento y la muerte de las plantas.

Se presume que el principal efecto de la salinización sobre el planeta será la disminución de la producción de alimentos. Se afirma que la reducción de suelos productivos disponibles no podrá atender la demanda de la población, que se estima en nueve mil millones de personas para el 2050. Cada año se pierden suelos por usos inadecuados a la agricultura, como infraestructura, minería, zonas urbanas, industrias, entre otros.

En suelos y plantas

En términos agroecosistémicos, la salinización es uno de los procesos más importantes de degradación química de suelos (Oldeman, 1994).

- **Afecta la presión osmótica causando estrés hídrico:** Cuando el suelo tiene contenidos altos de sales, las plantas se ven afectadas ya que no pueden absorber agua, esto debido a que el agua se mueve de una solución menos salina a una más salina.
- **Alteración del pH:** Las sales alteran la reacción del suelo: Cambian sus condiciones naturales y alteran la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- **Toxicidad específica:** El exceso de sales hace que gran parte de ellas esté disponible para las plantas. Genera posibles problemas de toxicidad por elevadas concentraciones de iones.
- **Afecta las propiedades hidrodinámicas:** La solución del suelo se altera si las concentraciones de sales en él son alteradas. Todas las propiedades relacionadas con el movimiento del agua se ven afectadas.
- **Destrucción de la estructura:** En los suelos con altos contenidos de sodio, las partículas de arcilla y la materia orgánica se dispersan o separan, formándose partículas muy finas que luego sellan los poros de los suelos y afectan la infiltración de agua y aire en los suelos (Brady & Weil, 2002).

La mayor parte de pérdidas directas registradas por salinidad en suelos se refiere a la productividad de los cultivos; a ellas se suman el desempleo, los problemas por salud pública y sanidad animal, al igual que el calentamiento global ya que estas tierras emiten más gases de efecto invernadero y reflejan mayor radiación solar (Quillérou *et al.*, 2012).

Los suelos salinizados son frágiles y por lo tanto aumentan la susceptibilidad de degradación a otros procesos.

- **Disminución y alteración de la biodiversidad de los suelos:** Las sales pueden eliminar poblaciones enteras de microorganismos y por ende afectar la cadena trófica que depende de ellos. Adicionalmente, las sales cambian la composición de organismos y plantas, pues prevalecerán los más tolerantes a ellas.
- **Disminución de servicios ecosistémicos de los suelos:** En general, se afectan el almacenamiento hídrico y la regulación de procesos geoquímicos, se disminuye la acumulación de carbono orgánico debido a la poca actividad de microorganismos.
- **Reservas genéticas:** La biodiversidad de los suelos y la actividad microbiana disminuyen, por lo que procesos como la respiración, descomposición de residuos, nitrificación y desnitrificación se ven afectados.

En términos generales, las sales disminuyen la productividad primaria de los suelos y, en términos agrícolas, disminuyen la producción de los cultivos.

Ambientales

Las sales inciden además en problemas ambientales:

- **Reducción de la biomasa:** Suelos salinos producen menos biomasa, lo cual resulta en menos carbono.
- **Biodiversidad:** La biodiversidad se reduce y se incrementa la población de organismos tolerantes a sales. Cambian también los patrones de enfermedades y plagas de plantas y organismos.
- **Calidad del agua (en corrientes y cuerpos de aguas):** La salinización reduce la eficiencia de agua para su uso. Concentraciones elevadas de sales en aguas pueden ser tóxicas, tanto para riego como para consumo (en Israel, por ejemplo, el Mar Muerto por su alto contenido en sales no presenta vida).
- **Destrucción de hábitats:** Amenaza de la biodiversidad, al reducir la población de organismos y reducir las cadenas tróficas (en Australia se conoce como "La Muerte Blanca" debido a que por condiciones extremas de sales no solo han muerto las plantas, sino también la fauna).
- **Erosión:** Por falta de cobertura, los suelos quedan muy expuestos a la acción de las lluvias y el viento.

En muchos casos, la recuperación de suelos salinizados compromete ecosistemas aledaños, es decir, se recuperan los suelos, pero las sales son enviadas por ejemplo a cuerpos de aguas y estos son afectados.

Socioeconómicos

En términos económicos para la agricultura, la salinización implica aumento de insumos –como semillas, enmiendas, agua– y de costos de prácticas para su manejo. La reducción de cosechas implica menos cosechas por unidad de área. Adicionalmente, los agricultores se verán forzados a cultivar plantas tolerantes a sales y a la dependencia de las casas productoras de semillas, semillas que requieren altos insumos o no generan los mismos ingresos económicos esperados.

La reducción de cosechas genera menos ingresos económicos; estos disminuyen la calidad de vida, siendo más vulnerables los agricultores de recursos económicos más escasos.

La degradación de tierras por salinización afecta también negativamente el sector industrial. Entre las empresas más perjudicadas están aquellas en las que se involucran materias primas o recursos naturales (madera, papel), alimentos y bebidas, construcción y materiales, bienes industriales y servicios (transporte y empaque), servicios públicos (agua



Cultivo afectado por presencia de sales. Paipa, Boyacá, 2015 / Fredy Neira.



Afectación de pasturas por salinización. Pantano de Vargas, Boyacá, 2015 / Fredy Neira.

y electricidad), efectos personales y enseres domésticos (ropa, calzado y muebles), turismo (hoteles y restaurantes) y bienes raíces (Zekri et al., 2010). La Evaluación de Ecosistemas del Milenio indica que la salinización es una de las causas de la desertificación (WRI, 2005).

- **Infraestructura y accesorios:** La salinización afecta y destruye materiales por el efecto de corrosión, que causan pérdidas económicas y daños ambientales (principalmente tuberías o infraestructura metálica).
- **Cambio climático:** Según el Foro Global sobre Salinización y Cambio Climático (FAO, 2011), la salinización contribuye al efecto invernadero tanto por la liberación de gases como por el aumento de reflexión (albedo). Las superficies de los suelos son blancas, reflejan más la radiación.
- **Migración:** La disminución de ingresos y de oferta laboral por tierras afectadas por salinización en las zonas agrícolas genera migración de campesinos hacia las ciudades, con los efectos desencadenados por la diferencia de competencias y oportunidades laborales.
- **Pérdidas económicas:** Se afectan las industrias que dependen de materias primas; así mismo, disminuyen la oferta de empleo, servicios, las actividades turísticas y la demanda de bienes raíces.
- **Salud:** En zonas salinas con menor o más dispersa vegetación, la erosión eólica aumenta; los quebrantos de salud asociados a partículas de polvo del suelo son frecuentes.
- **Afecta las tierras relativamente más productivas:** Uno de los principales problemas en términos de seguridad alimentaria es que afecta las tierras potencialmente más productivas para la agricultura, disminuyendo el suministro de alimentos y materias primas.

La salinización también causa desertificación, con todos sus efectos sociales secundarios (pobreza, migración y hasta violencia).

1.8 SUSCEPTIBILIDAD A SALINIZACIÓN

La susceptibilidad de salinización es la capacidad potencial o tendencia de los suelos a aumentar la concentración de sales por condiciones intrínsecas o factores externos biofísicos o antrópicos. El aumento de sales en los suelos genera cambios físicos, químicos o biológicos que pueden alterar sus propiedades productivas y sus funciones y servicios ecosistémicos.

La susceptibilidad es una medida de la relación de ocurrencia en términos de probabilidad de la degradación por salinización. Por lo tanto, las categorías definidas tienen un umbral relativo ya que la medición se realiza y se expresa en probabilidad cualitativa y el modelo depende de la disponibilidad y resolución de la información utilizada.

1.9 ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE CONOCER LA SUSCEPTIBILIDAD DE SALINIZACIÓN?

El monitoreo y mapeo de las zonas susceptibles de salinización es importante para la producción agrícola. Al prever la salinización de los suelos, se pueden tomar decisiones para el manejo de los suelos y seleccionar especies tolerantes a salinización, con base en la comprensión del comportamiento de los cultivos. Esto es particularmente importante en las regiones empobrecidas donde la escasez de alimentos es una realidad (Zewdu et al., 2017). El objetivo del mapeo y monitoreo de la salinidad del suelo es conocer los cambios de salinidad temporal en el paisaje y determinar la extensión espacial de las zonas de salinidad para ayudar a diseñar planes de manejo para la gestión sostenible del recurso del suelo.

Prevenir zonas con susceptibilidad de salinización futura es importante para tomar medidas de manejo apropiadas tales como prácticas de riego, fertilización, aportes de materiales orgánicos, etc. Con el objeto de evitar la salinización, la determinación de la susceptibilidad de los suelos de Colombia a degradación por salinización es un apoyo para, entre otras, las siguientes acciones:

- Desarrollar acciones en el marco de la implementación de la política para la gestión sostenible del suelo (PGSS).
- Prevenir la degradación de suelos: La susceptibilidad es, en otras palabras, una alerta temprana de la degradación de suelos por salinización.
- Sensibilizar y concientizar sobre esta problemática: Aunque no todas las zonas del país presenten susceptibilidad, es importante que se reconozca a tiempo esta problemática, así como su impacto.
- Conocer el potencial de salinización, especialmente para la determinación de sistemas de uso o de prácticas por realizar y de su impacto sobre la degradación.
- Identificar zonas propensas a degradación. En términos de ordenamiento territorial, es importante conocer las zonas propensas a presentar degradación por salinización para determinar y proponer estrategias de manejo, para detener el proceso o para mitigar, recuperar o adaptarse, según sea el caso.
- Orientar planes de manejo de los suelos, especialmente de actividades como la fertilización, el encalado o aplicación de enmiendas, del riego y del drenaje.
- Referente para ordenamiento ambiental del territorio (gestión del riesgo).
- Referente para actividades mineras, extractivas, de exploración de pozos, etc. Muchos usos o actividades diferentes a la agricultura también pueden ser la causa de la salinización, lo que le da más relevancia al conocimiento de este proceso y a la determinación de zonas con probabilidad de su ocurrencia.
- Atender los compromisos e iniciativas internacionales (por ejemplo, UNCCD, UNFCCC, CDB, Alianza Mundial de los Suelos, ILAC, SIMA). Si bien la salinización es degradación, se están afectando y comprometiendo no solo las condiciones nacionales, sino los compromisos y alianzas internacionales para detener, entre los principales, la pérdida de la biodiversidad, el calentamiento global, el cambio climático y la desertificación.
- Seleccionar y priorizar zonas para el establecimiento de la línea base de salinización y para el seguimiento y monitoreo tanto de los procesos como de las actividades o estrategias de manejo, recuperación, mitigación o adaptación.



Las sales disminuyen la biodiversidad de los suelos. Jerusalén, Cundinamarca, 2017 / Fredy Neira.

Causas de salinización ¿Por qué se forma la salinización?



Las sales en los suelos pueden ser de origen natural o antrópico. Inicialmente se relacionaba la salinización con climas secos y zonas de temperaturas elevadas. Teóricamente, la escasez de lluvias favorece la acumulación de sales, pues los procesos de lavado de minerales poco ocurren y las altas temperaturas favorecen la evapotranspiración, las sales ascienden a la superficie del suelo.

Algunos autores consideran el origen primario como aquel generado directamente en los suelos; secundario cuando las sales llegan a los suelos provenientes de otros lugares.

Naturales

- **Material de origen:** Rocas sedimentarias que contienen sales como minerales constituyentes; o producirse en el suelo por alteración de los materiales originales de la roca madre.
- **Sales disueltas en las aguas de escorrentía:** Se acumulan en las depresiones y al evaporarse la solución se forman acumulaciones salinas.
- **Capas freáticas suficientemente superficiales:** Contienen sales disueltas en mayor o menor proporción y en las regiones áridas estas sales ascienden a través del suelo por capilaridad.
- **Sales de origen eólico:** El viento en las regiones áridas arrastra gran cantidad de partículas en suspensión, principalmente carbonatos, sulfatos y cloruros, que pueden contribuir en gran medida a la formación de suelos con sales.
- **En las zonas costeras:** Por contaminación directa del mar, a partir del nivel freático salino y por la contribución del viento. Se han reportado también aumentos de salinización por el aumento del nivel del mar, cuando el agua del mar entra en contacto con cuerpos de aguas dulces o niveles freáticos.
- **Erupción volcánica:** Emisión de cenizas volcánicas con contenidos de sales derivadas de azufre (sulfatos, sulfuros o sulfitos).
- **Aguas ricas en minerales salinos** (nacimientos, corrientes, termales).
- Zonas con **inundaciones** de corrientes de aguas con alto contenido de sales.
- Suelos en **climas secos o áridos** donde no hay más evaporación que precipitación.

Antrópicas

La salinización del suelo también puede producirse como resultado de un manejo inadecuado por parte del hombre. La agricultura, desde su comienzo, ha provocado situaciones de salinización, cuando las técnicas aplicadas no han sido las correctas.

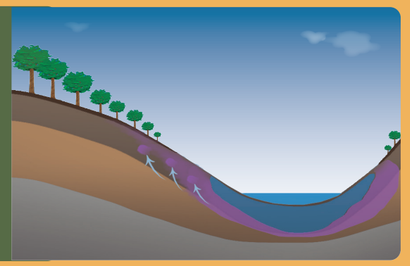
- **Deforestación:** Es el detonador de la salinización, pues al perderse la protección original del suelo, este queda más expuesto a radiación, por lo que la evaporación aumenta y se favorece la acumulación de sales.
- **Quemas:** Inciden en el aumento de evaporación del agua por calentamiento de la superficie del suelo y en la reducción de los organismos, dejando además el suelo descubierto.
- **Uso de aguas ricas en sales** que se acumulan en los suelos. En algunos casos de pozos profundos, en otros casos aguas contaminadas con residuos industriales o de minería o exploraciones de hidrocarburos.
- Prácticas agropecuarias inadecuadas o mal realizadas, como la **irrigación,** la **fertilización** y el **drenaje**, son las más comunes causas de salinización.
- Prácticas como lavado de sales eliminan las sales de un suelo, pero las dejan en corrientes de aguas que luego pueden ser utilizadas para riego en otras zonas.
- En zonas costeras, el riego mal planeado o inadecuado puede entrar en **contacto con aguas salinas**.
- **Residuos industriales o mineros ricos en sales** pueden ser transportados y depositados por acción del agua o viento.
- Efectos del cambio climático, como el **aumento del nivel del mar,** también causan salinización al entrar en contacto corrientes marinas con niveles freáticos de aguas no salinas y con cuerpos de aguas o humedales.

Figura 3. ~Principales funciones del suelo
Fuente: Ideam, CAR y U.D.C.A. 2017.

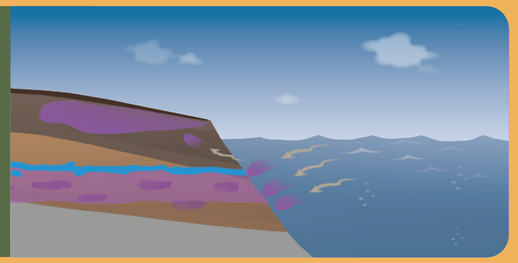
Procesos de salinización ¿Cómo se forma la salinización?

Los procesos de salinización son las formas en que las sales llegan al suelo. Existen diversas formas reportadas a nivel mundial y nacional, entre ellas las más comunes son:

Evaporación
En suelos descubiertos se favorece la evaporación del agua en superficie, acumulándose las sales. El agua asciende de capas más profundas para equilibrar el contenido de humedad en superficie y con ella iones disueltos, que posteriormente se precipitan en el suelo al continuar la evaporación.



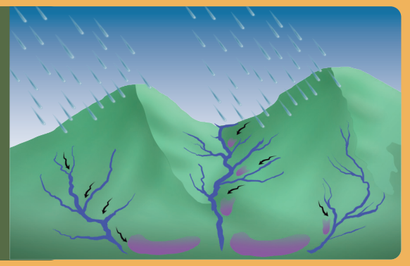
Contacto marino
El contacto de niveles freáticos del suelo con aguas marinas permite la acumulación de sales.



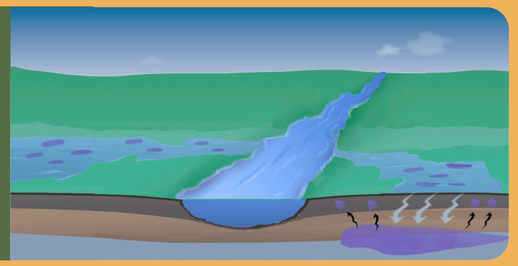
Transporte eólico
El viento transporta partículas de zonas erosionadas o de emisiones de cenizas volcánicas ricas en sales.



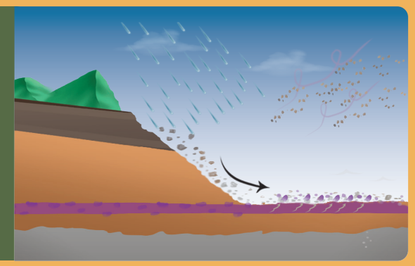
Efecto catena
Las sales son arrastradas por gravedad o escorrentía de zonas altas hacia zonas bajas. En algunos casos, en zonas altas los suelos no son muy permeables, por lo que se favorece la salinización.



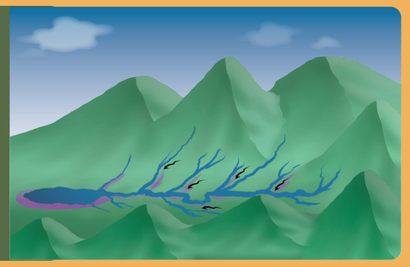
Inundación
Las inundaciones tienen doble efecto: Primero, traen aportes, entre ellos iones y minerales, y segundo, aumentan la posibilidad de contacto con niveles freáticos ricos en sales.



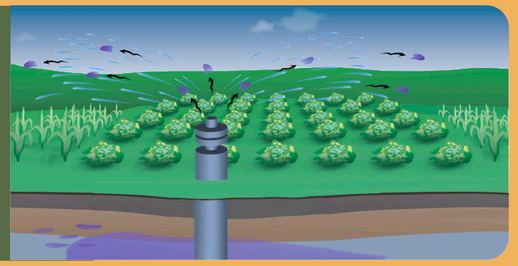
Erosión
Por pérdida de horizontes superficiales, afloran horizontes ricos en sales.



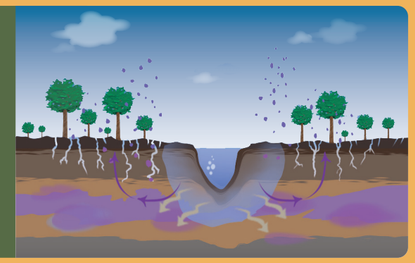
Cuencas encajonadas
Cuencas que en su origen son amplias, tienen una mayor superficie para arrastre de sedimentos y sales y en sus partes bajas son estrechas, en estas se recibe mayor cantidad de sal.



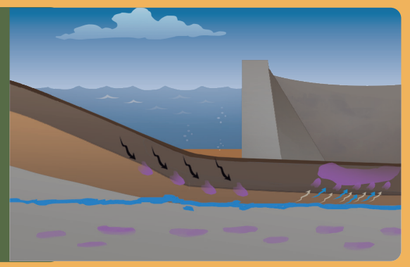
Aportes con aguas salinas
Riegos seguidos con aguas salinas van generando acumulación de sales. En muchos casos, las aguas de pozos profundos inicialmente tienen bajos contenidos de sales, pero con el tiempo, una vez se agota presentan contenidos de sales mayores.



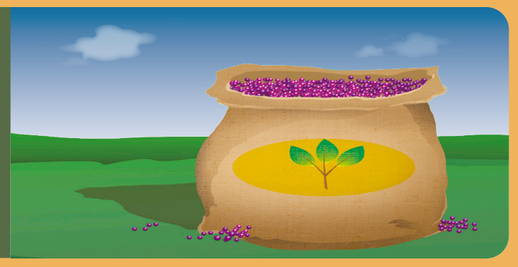
Contacto con horizontes salinos
Riegos excesivos permiten el contacto del agua del suelo con niveles freáticos ricos en sales o con capas u horizontes salinos, permitiendo que las sales asciendan a la superficie.



Infiltración por embalses y represas
Los embalses reciben grandes volúmenes de agua; así mismo, la infiltración de agua es mayor y el agua infiltrada puede entrar en contacto con acuíferos salinos o niveles freáticos altos. En zonas bajas se favorece el ascenso del nivel freático con mayor contenido de sales.



Aportes sólidos
Los fertilizantes industriales y enmiendas son sales. El uso excesivo de fertilizantes y enmiendas permite la acumulación de sales.



Secado y aereación de suelos
El drenaje de los suelos tiene un efecto directo en el aumento de evaporación y acumulación de sales en los suelos. El drenaje de suelos con materiales ricos en hierro y azufre permite la formación de minerales, como jarosita y pirita, por oxidación, formando suelos sulfatados ácidos.

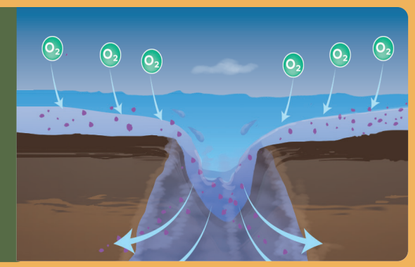


Figura 4. ~Procesos de salinización.
Fuente: Ilustración propia.



Perfil de suelo salinizado por drenaje. Pantano de Vargas, Boyacá, 2015 / Fredy Neira.

2. MARCO CONTEXTUAL

2.1 IMPACTOS DE LA SALINIZACIÓN A NIVEL MUNDIAL

En el Foro Global sobre Salinización y Cambio Climático de 2010 (GFSCC, por sus siglas en inglés) (FAO, 2011) se aborda el efecto entre el cambio climático y la salinización de los suelos a nivel mundial, como una de las principales causas de la degradación de los suelos, y aunque se aclara que la salinidad es una condición natural de muchos ecosistemas, se alerta sobre el aumento de las áreas con suelos afectados por sales debido a la intensificación de la agricultura y a las modificaciones en los patrones de temperatura y precipitación como resultado del cambio climático. Entre las conclusiones y propuestas que surgen de este foro se encuentran la necesidad de conocer a profundidad la relación entre el cambio climático, los hábitats afectados por sales y la salinización, así como la zonificación de áreas vulneradas por dicho proceso, analizadas en el futuro en un escenario distinto, con un clima más agresivo, un incremento en la población que ejerce mayor presión sobre suelos y ecosistemas para suplir necesidades de alimento y provisiones.

El IPBES (Plataforma Intergubernamental Científico-Política de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos) incluye la salinización como uno de los principales procesos de degradación, para el que se deben tomar medidas urgentes frente al crecimiento de la población, consumo sin precedentes, economía global y cambio climático (IPBES, 2018).

Los datos globales sobre áreas afectadas por salinización son apenas estimaciones generales basadas en las zonas no solo más críticas, sino también más extensas, por lo que áreas pequeñas e incluso medianas no son consideradas, lo que indica que las estimaciones reales pueden ser superiores a las reportadas.

El primer reporte de suelos afectados por sales se toma con base en los mapas de suelos del mundo elaborados por FAO/UNESCO: el de 1970 y el de 1980. Se estimaba a nivel mundial un total de 397 millones de hectáreas de suelos salinos y 434 millones de hectáreas de suelos sódicos.

Según la *Enciclopedia de Sistemas de Soporte de la Vida (Encyclopaedia of Life Support Systems)*, para la primera década del presente milenio se estimaba que más de un billón de hectáreas de suelos estaba afectadas por salinización y salinidad en cerca de 100 países. De estas, unos 60 millones correspondían a degradación por irrigación (Squires y Glenn, 2011). El *Atlas Mundial de la Desertificación* indica que para el año 2018 cerca de 77 millones de hectáreas presentaron salinización antrópica (el 58 % en zonas irrigadas). De estas, un 20 % con cultivos intensivos en Asia y el Medio Oriente (India, Pakistán, China, Irak e Irán). Regiones con riesgo alto de incremento de salinización son la cuenca mediterránea, Australia, Asia central, el Medio Oriente y norte de África (Cherlet *et al*., 2018).

Según la FAO, se estimaba para el año 2013 que a diario se perdían 2.000 hectáreas de tierras irrigables en el mundo por salinización, principalmente en zonas secas, afectando 75 países, lo cual daría una pérdida anual de unas 730.000 hectáreas (FAO-Aquastat, 2013). Posteriormente, según el *Atlas Mundial de la Desertificación*, la salinización causa la pérdida anual de alrededor de 1,5 millones de hectáreas, afectando cerca del 16 % de todas las tierras agrícolas.

A nivel mundial, las tierras de regadío cubren más de 310 millones de hectáreas, de las cuales se estimaba para el 2013 que el 20 % estaban afectadas por salinidad (62 millones de hectáreas) (FAO, 2013). Posteriormente, según el *Atlas Mundial de Desertificación*, la salinización por acciones antrópicas es un problema generalizado en el planeta, cerca del 30 % de las tierras irrigadas están convirtiéndose en improductivas comercialmente (Cherlet *et al.*, 2018).

A pesar de que no hay claridad respecto a cuánta área es por condición natural y cuánta por actividad antrópica, la degradación por salinización es un proceso que va en aumento tanto por el cambio climático como por el aumento de riego y otras actividades (FAO & ITPS, 2015).

El costo global anual estimado de la degradación de suelos y tierras por salinización en zonas irrigadas es de US$ 27,3 billones, representados en pérdidas de cosechas en las principales regiones salinas globales. No se incluye información de países como Colombia o de condiciones similares (Cherlet *et al.*, 2018).

Los reportes globales de salinización se basan en las cuencas afectadas por mayor área de superficie, como son el mar de Aral (cuencas Amu-Darya y Syr-Darya) en Asia central, la Indo-Ganges en India, la Indus en Pakistán, el río Amarillo en China, el Éufrates en Siria e Irak, el Murray-Darling en Australia y el valle San Joaquín en Estados Unidos. Por lo tanto, si se tiene en cuenta la situación de otros países de superficies considerables como Colombia o incluso menores, es más crítica y el impacto mucho más fuerte.

Aunque las cifras reportadas son estimaciones globales, es importante considerar que este es un proceso que avanza rápidamente y que cada vez será un problema más crítico y causará más impactos y consecuencias ambientales, sociales y económicas negativos.



Desertificación extrema por salinización en el mar de Aral, Asia central. Sebastian Kluger, de Wikimedia.

2.2 PRINCIPALES CASOS INTERNACIONALES

Dada la reducción de suelos productivos, la salinización es un tema que debe pasar a un plano principal a nivel mundial.

La salinización es un proceso que se reporta desde que el hombre pasa de ser nómada cazador y recolector o pastor a agricultor. Muchos estudios indican que civilizaciones antiguas manejaron los suelos para evitar este problema, lo cual indica que ya se reconocía la salinización como un proceso de degradación. Sin embargo, los procesos de salinización se acentúan y se hacen más severos en los últimos siglos, cuando la agricultura se desarrolla tecnológicamente para suplir las necesidades de una creciente población. Algunos reportes a nivel mundial para tener una idea de la gravedad del problema se mencionan a continuación.

En los antiguos continentes, la salinización se reporta a nivel mundial desde el uso de suelos en los valles Éufrates, Tigris e incluso en el Nilo. En Sumaria y Ur (Mesopotamia), que fueron cunas de la civilización, existen indicios de que, aunque se presentó este problema hace miles de años, la salinización fue manejada de modo que no se presentaron problemas graves de degradación sino hasta hace pocas décadas, cuando se seca la región debido a construcciones de represas, al incremento del nivel del mar del golfo de Arabia y por disecación directa de los suelos (Al Maroofi *et al.*, 2012).

En el Nuevo Continente se ha reportado también salinización antropogénica en campos prehistóricos en el Gran Cañón (Davis *et al.*, 2000). La salinización se ha implicado como un factor en la desaparición de los Hohokam en el sudoeste estadounidense (Diamond, 2005; Reisner, 1986). Sin embargo, hay información sobre evidencias de prácticas de manejo de suelos por los Honokam para evitar salinización en América prehispánica (Sandor *et al.*, 2017).

Uno de los casos actuales más graves de salinización ha sido el mar de Aral, en Asia central (antigua Unión Soviética), afectado por el "Plan de Cambio de la Naturaleza" de Stalin, donde gracias a la facilidad de mecanización y de implementación de sistemas de riego se utilizaron estas tierras fértiles para producir gran cantidad de alimentos y se desviaron corrientes de agua que alimentaban el mar para usarlas en riego, lo cual incrementó el efecto de la evaporación y con ello el contenido de sales en los suelos, a lo que se debe sumar la gran cantidad de fertilizante usado. En pocas décadas este territorio se transformó de suelos fértiles y productivos en un "desierto" salino de más de dos millones de kilómetros cuadrados (casi dos veces el tamaño de Colombia), perdiéndose un cuerpo de agua del tamaño casi del departamento de Cundinamarca.

Otro de los casos alarmantes es el de las islas Sunderban, en India y Bangladés, donde por elevación del nivel del mar y por ciclones que han llevado agua marina, los suelos se han desertificado en niveles tan críticos que se ha generado desertificación.

Otro caso es el de Australia, el continente seco, donde la situación ha sido tan crítica que los agricultores han llamado a la salinidad "La Muerte Blanca" por razones más que justas (Inffer, 2013). Más de 5 millones de hectáreas se vieron afectadas cuando se incorporaron sistemas de riego que permitían el ascenso de sales del subsuelo a la superficie, lo que ocasionó pérdidas económicas por la muerte de cultivos y árboles y afectó directamente a la fauna y a la población humana.

Según el *Atlas de suelos de Latinoamérica y el Caribe,* la salinización afecta a varios países, como Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, México, Paraguay y Perú. Sin embargo, no se reportan áreas afectadas de suelos degradadas por este proceso (Gardi *et al*., 2014).

2.3 SALINIZACIÓN Y SALINIDAD A NIVEL NACIONAL

Colombia es un país que por su diversidad de climas, relieves, materiales parentales de suelos presenta suelos de naturaleza salina. Cuando se hace referencia a ellos, genéticamente se debe entender que son producto de procesos naturales propios de su formación y evolución. Según la taxonomía americana, los principales suelos de este país clasificados como salinos genéticamente por el IGAC se indican en la tabla 1. Solo se reportan suelos de esa característica para los órdenes Aridisoles, Vertisoles, Molisoles, Alfisoles, Entisoles, Inceptisoles e Histosoles.

El IGAC reporta que los suelos de naturaleza salina y sódica abarcan el 1 % del territorio nacional, aproximadamente 1,1 millón de hectáreas. El cálculo se realizó tomando como base los suelos con conductividad eléctrica mayor a 8 dS/m para los salinos y valores de PSI (porcentaje de sodio intercambiable) superiores a 15 % (IGAC, 2015).

Los primeros estudios de suelos que informan sobre salinidad y salinización en Colombia fueron realizados a finales de la década del 40 y

Orden de suelos	Subgrupo	Tipo de salinidad
Aridisoles	Calcic Haplosalids, Typic Haplocalcids	Cálcica
	Sodic Haplocambids, Typic Natrargids	Sódica
	Sodic Haplocalcids	Sódica y cálcica
	Typic Aquisalids	Otro
Vertisoles	Sodic Haplusterts, Halic Haplusterts	Sódica
Molisoles	Typic Calciustolls, Vertic Calciustolls	Cálcica
Alfisoles	Aridic Natrustalfs, Vertic Natrustalfs Saladic Natrustalfs, Typic Natrustalfs	Sódica
Inceptisoles	Vertic Halaquepts	Sódica
Entisoles	Sulfic Ustifluvents	Sulfatados
Histosoles	Typic Sulfihemist, Typic Sulfisaprits	Sulfatados ácidos

Tabla 1. ~Suelos de Colombia que presentan salinidad natural según clasificación taxonómica
Fuente: IGAC, 2015.



La salinización en Australia se conoce como "La Muerte Blanca". Calperum, Australia. Ashley Whitworth, de AdobeStock.

comienzos de la siguiente. La mayoría, en el Valle del Cauca, en Palmira, para caña de azúcar (Ramos, 1951), posteriormente en el Tolima por el Instituto Geográfico Militar en 1951 y una revisión hecha en Colombia por Fortoul en 1952 (Frye y Ruiz, 1960).

En el contexto mundial cuando se habla de suelos salinos en agricultura solo se reconocen dos clases: **salinos** y **sódicos**, (los salinos como aquellos con valores de conductividad eléctrica > 2 dS/m y los sódicos como aquellos con sodio intercambiable > 15 %). En Colombia se propone incluir otras clases, como magnésicos, calcáreos, sulfatados ácidos y alcalinos (García, et al, 1998 y García, 2002).

Diferentes procesos de salinización o tipos de salinidad han sido reportados en Colombia, entre ellos los siguientes:

- Según la CVC, unas 300.000 hectáreas de la zona plana del valle geográfico del río Cauca dedicadas a la agricultura podrían estar afectadas por salinización. Para la década del 80 se reportaron en la región unas 85.000 hectáreas con salinidad y mal drenaje, lo que indica un aumento considerable de suelos afectados por salinización. En este caso se asocia la salinización con la construcción de la represa de Salvajina, que tenía inicialmente como propósito generar energía, específicamente regular el caudal del río Cauca para evitar las inundaciones y filtraciones periódicas producidas en épocas críticas, la salinización en esta zona se debe a la construcción de jarillones para proteger los cultivos de caña de las inundaciones. Esta medida también llevó en un lapso de 20 años al incremento de las áreas salinizadas; hoy en día se estima que las áreas afectadas por salinización superan las 100.000 hectáreas, según la Corporación Valle del Cauca (CVC). Para esta corporación, el incremento del problema de salinización ha sido por el abuso en las labores de mecanización, que llevó a la compactación de suelos y al ascenso de sales localizadas en los sustratos inferiores, debido a que gran parte de los suelos del valle del Cauca son producto de materiales calcáreos acarreados y distribuidos por ambientes diluviales y aluviales.
- Varios estudios detallados y semidetallados de suelos expresan que en el Valle del Cauca hay suelos afectados en diferente grado por sales solubles. Estos estudios clasifican la salinidad en términos agronómicos indicando el tipo de esta o sodicidad.
- En el valle del Sinú, del departamento de Córdoba, existe salinización en diferentes grados, con tendencia a mayor ocurrencia en periodos secos (Narváez *et al*., 2014). En el mismo departamento se identificaron procesos de salinización relacionados con irrigación en el distrito de riego La Doctrina (Mercado *et al*., 2011; Combatt *et al*., 2003).
- Corpoíca, en desarrollo del programa "Estrategias para el desarrollo sostenible de la zona seca del valle alto del río Patía", informa de procesos de salinización en la zona del alto Patía (Toro, 2001).
- Para Boyacá, en el valle del alto Chicamocha y en zonas aledañas se reportan suelos sulfatados ácidos con valores de pH extremadamente ácidos, pero con valores de conductividad eléctrica muy altos, incluso mayores a 20 dS/m (Castro *et al.*, 2006; Narváez *et al*., 2014).
- Durante la temporada de precipitaciones extremas en el periodo 2010-2011, denominada "ola invernal", Corpoíca reporta procesos de salinización en algunos casos en la zona alto andina, Valle del Cauca y sur del Atlántico (Toro et al, 2016).
- La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), en conjunto con la U.D.C.A. y el Ideam, ha elaborado el modelo de susceptibilidad a salinización y la línea base de degradación de suelos por salinización, a nivel regional para toda el área de la jurisdicción y a nivel local para dos ventanas, una en la zona de Madrid-Mosquera y otra en Jerusalén-Nilo-Agua de Dios (Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017).

2.4 CONTEXTO POLÍTICO

La Política para la Gestión Sostenible del Suelo (PGSS) corresponde al marco nacional en el cual se plantea conocer el estado de calidad de los suelos para lo cual se requiere identificar sus procesos de degradación. El Ideam, en atención a la PGSS, viene desarrollando protocolos para los principales procesos de degradación, entre ellos el de salinización y en el establecimiento de línea base para el monitoreo.

Colombia viene tomando acciones en los temas de degradación de suelos y tierras en atención a las iniciativas internacionales que se describen a continuación:

En la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible celebrada en Johannesburgo en septiembre de 2002, se reafirmó que la degradación de la tierra era uno de los principales desafíos del medio ambiente mundial y el desarrollo sostenible en el siglo XXI y se pidió a los países adoptar medidas para "...hacer frente a las causas de la desertificación y la degradación de los suelos, con el fin de conservar y recuperar las tierras y luchar contra la pobreza resultante de estos procesos". Aunque no se menciona, específicamente, que la salinización, por ser un proceso de degradación, esté intrínseco dentro de los objetivos adquiridos por los países.

Asimismo la salinización tiene relación con la pérdida de biodiversidad, con el cambio climático y con la desertificación, por lo que debe ser considerada en los compromisos internacionales en las convenciones de Biodiversidad (CBD), Cambio Climático (UNCCC) y en la Convención de Lucha contra la Desertificación y Sequía (UNCCD). Igualmente, ya que tiene efectos secundarios en los humedales, también debe ser considerada dentro de la convención de humedales RAMSAR, así como en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en las Metas Aichi, en las metas de Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT) y en otros compromisos nacionales e internacionales que surjan en el futuro.

En cuanto a alianzas internacionales, la Mundial por los Suelos (AMS o GSP en inglés) y la Suramericana por los Suelos deben considerar el estado de la degradación de suelos debido a la salinización.

La AMS, conjuntamente con el INSII (Red Internacional de Institutos de Información de Suelos) y la FAO planean actualmente advertir el estado de salinidad de los suelos a nivel mundial, como estrategia para generar la línea base para el establecimiento de compromisos y estrategias para revertir o detener los procesos de salinización. Los enfoques y metodologías aún están definiéndose en grupos de trabajos internacionales.

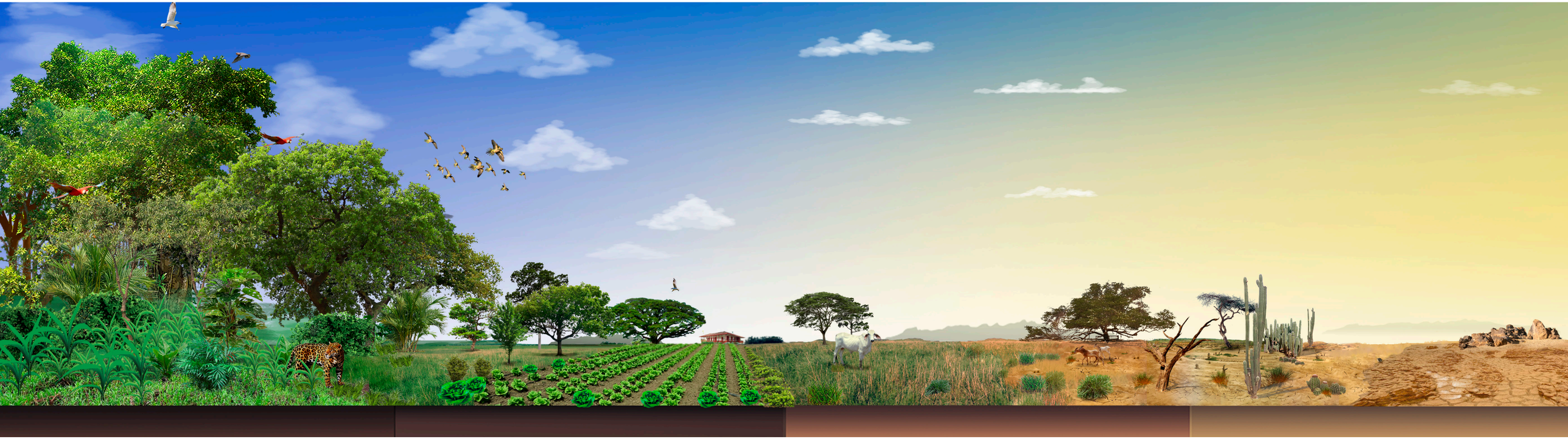


Figura 5. ~Ecosistemas con alta diversidad pueden degradarse por procesos de salinización.
Fuente: Elaborada por los autores, ilustración digital: Camilo Sánchez.

LÍNEA DE TIEMPO

1864 EE. UU. Efectos de irrigación en disminución de caudales **salinización y esterilización** de suelos, reportados por George Perkins Marsh en *Man and Nature.*

1916 EE. UU. Se reportan efectos de **suelos alcalinos en reducción de cosechas en cereales** (Harris F. S.).

1937 EE. UU. **Creación del Laboratorio de Salinidad**, de la oficina de plantas, suelos e ingeniería agrícola, en Riverside.

1937 Rusia. **Clasificación** de suelos salinos y sódicos, por Kovda V.A.

1943 **Magistad** *et al.*, reportan efectos de concentración y clase de sales y clima en crecimientos de plantas.

1945 **Creación de la FAO** ~ (16 octubre) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, fuente de **conocimiento e información, promoviendo la seguridad alimentaria**.

1951 EE. UU. **Publicación de suelos alcalinos,** por Kelley W.P. Nueva York.

1952 Programa de zonas áridas de la **Unesco** (Llamado hoy programas de tierras secas y desertificación).

1955 Se conoce el efecto del **sodio** intercambiable en las propiedades del suelo y en el crecimiento de las plantas (Chang y Dregne).

1956 Contribución del **Magnesio** en la formación de suelos alcalinos.

1958 Nace la **Subdirección de Agrología** en el **IGAC,** encargada de realizar el inventario de los suelos colombianos.

1960 Se funda la Facultad de Agrología en la **Universidad Jorge Tadeo Lozano,** para la educación y conocimiento sobre los suelos colombianos.

1970 **FAO/UNESCO:** Mapa mundial de suelos. Primera aproximación de área en suelos salinos global.

1971 **FAO** reporta la salinización como uno de los **problemas de degradación de Tierras** en el boletín "Land Degradation". En esta publicación se hace énfasis en Salinidad y Alcalinidad, como dos procesos de degradación química de suelos.

1972 Holanda. Primer Simposio internacional **en Suelos Sulfatados Ácidos – Wageningen.**

1972 **Declaración** de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente. Estocolmo.

1973 **FAO** publica el Boletín de **Suelos Calcáreos.**

1974 Formulación **Código Nacional de los recursos naturales renovables y protección al medio ambiente** en Colombia.

1976 Fundación del **Himat** mediante Decreto 2259.

1977 **UNCOD** Conferencia de las Naciones Unidas sobre **Desertificación** (Nairobi)

1978 **Duchaufour** publica el Atlas Ecológico de Suelos del mundo que incluye suelos salinos.

1980 Creación del Comité Internacional sobre Medio Ambiente.

1986 Holanda. ILRI (Instituto Internacional Para Adecuación y Mejoras de Tierras - Wageningen): Publicacion **Línea base para investigación de Suelos Sulfatados ácidos.**

1987 Un tercio de la superficie de la tierra y 850 millones de personas (las más pobres) están afectadas por desertificación. Entre los problemas más graves se reporta la salinización de suelos (**UNEP**).

1988 Creación del Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático.

1991 Primera **Evaluación global de la degradación de tierras**. Global Assessment of Soil Degradation (**Glasod**)

1993 Reunión de expertos en desertificación en América Latina y el Caribe **PNUMA-ORPALC**. Ciudad de México.

1993 IV Conferencia Internacional para el Desarrollo en las **Zonas Áridas y Semiáridas**. Ciudad de México.

1945 Creación de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (**Unesco**)

1993 **Creación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)**

2010 Se crea el Programa de monitoreo y seguimiento del estado de la degradación de suelos en la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambientales del Ideam.

1992 **Declaración de Río** sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Brasil.

1987 Nacimiento de la **Eremología** (Ciencia que estudia los desiertos y todos sus fenómenos) Dr. Marcel de Boodt (Universidad de Gante, Bélgica)

2019 Se firma la **Alianza Nacional por los suelos**

Evaluación y análisis de la **susceptibilidad** de los suelos de Colombia a degradación por salinización.

Primer **Estudio Nacional de degradación de suelos por salinización.**

Reunión para elaborar **el Mapa Global de Salinidad** (FAO, INSII).

2018 FAO–AMS–ECHS (Centro Euroasiático para Seguridad Alimentaria) Publicación de "Manual para manejo de suelos salinos".

2017
- Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos.
- Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización (Ideam, CAR, U.D.C.A.).
- Se establecieron las Metas Voluntarias para la Neutralidad de la Degradación de las Tierras en Colombia (Mecanismo Mundial, Minambiente, SINA, 2017).

- **Modelo de susceptibilidad de los suelos a degradación por salinización** para el área de la Jurisdicción, a escalas regional y a escala local en dos ventanas de la cuenca del Rio Bogotá (Ideam, CAR, U.D.C.A).

2016 Se establece la primera línea base de degradación de los suelos por salinización (Ideam, U.D.C.A).

MADS. Política para la gestión sostenible del suelo.

2015
- Implementación de la agenda de desarrollo post-2015 y de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) para promover el mejoramiento de la calidad del suelo.
- CISSAT-UPTC-Colciencias. Publicación de Suelos Sulfatados ácidos del Vallo Alto del rio Chicamocha, Boyacá. Castro y Gómez. Mapa mundial de suelos de la FAO.

- Modelo de susceptibilidad de los suelos de Colombia a degradación por salinización (Ideam, U.D.C.A). COP 12 de la UNCCD se adopta la iniciativa de Neutralidad de la Degradación de las Tierras.

2012 Rio de Janeiro. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible.

Roma. Creación de la Alianza Mundial por los Suelos (AMS).

2011 **Aichi**: Metas en biodiversidad al 2020. (Japón).

Creación de la **UPRA** mediante decreto 4145, encargada de generar instrumentos para la planeación rural agropecuaria.

2010 Primer Protocolo de degradación de suelos y tierras por salinización (Ideam–IGAC–Mavdt, 2010).

Foro Global sobre Salinización y Cambio Climático GFSCC2010. Valencia, España.

2009 17 de junio día Nacional de los Suelos (Resolución 170 de 2009).

2008 Se crea la base de datos mundial de suelos armonizada en cooperación con la FAO, que produce un mapa global de salinidad.

2006 Creación del Grupo de Suelos y Tierras de la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, del Ideam, con el Decreto 284 de 2006.

2005 CISSAT-UPTC - Colciencias. Caracterización de SSA en el Valle del Alto Chicamocha.

2004 Creación de la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental del Ideam, con el Decreto 291 de 2004.

2002 Primer mapa de susceptibilidad de los suelos de Colombia a por Salinización, a escala 1:500.000 (Ideam).

Johanesburgo. Cumbre de la Tierra.

2001 Se crea la Comisión Internacional en Degradación de Suelos y Tierras. Alemania (COM LAND).

2000 Colombia. CISSAT-UPTC. Creación de Grupo Interinstitucional de Investigación en Suelos Sulfatados Ácidos Tropicales.

1998 Colombia ratifica a través de la Ley 461 de 1998 la Convención de las Naciones Unidas de la Lucha contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD). Entró a ser parte de la misma a partir del 8 de septiembre de 1999.

1996 Entra en vigor la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación – UNCCD. París, Francia.

1997 Carta de la Tierra. Se formó una comisión para la declaración internacional de principios y propuestas de protección medioambiental. Los gobiernos acordaron incorporar una adición al tratado, conocida con el nombre de Protocolo de Kioto.

1994 Se aprueba y se firma la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (**UNCCD**), 14 de octubre de 1994. París.

1993 **Creación** del Ministerio del Medio Ambiente.

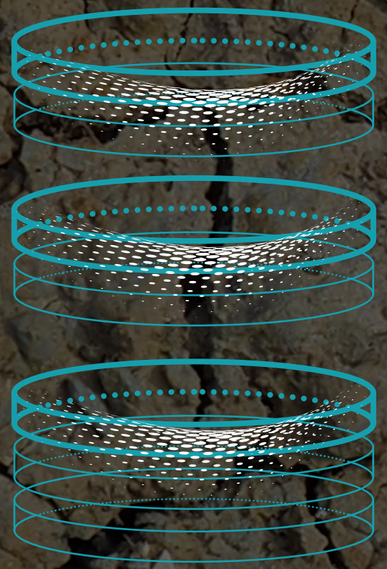
Surge la **Ley 99** de política ambiental colombiana, en donde se asignan responsabilidades institucionales para la administración del recurso suelo y otras disposiciones.

Figura 6. ~Hitos relacionados con los procesos de degradación de suelos por salinización en los ámbitos mundial y nacional.
Fuente: Elaboración propia; diseño adaptado de Ideam, 2015.

La susceptibilidad de los suelos a degradación por salinización es el primer paso para tomar medidas y acciones; permite prever y priorizar zonas y desarrollar planes de manejo y gestión integral del recurso suelo.

Desertificación por salinización muy severa, Guajira, 2017 / Fredy Neira.

II. SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS DE COLOMBIA A DEGRADACIÓN POR SALINIZACIÓN



1. METODOLOGÍA 43

2. RESULTADOS 49

2.1 Análisis de los factores que influyen en la salinización 49

2.2 Susceptibilidad de los suelos a degradación por salinización en el ámbito nacional 52

2.3 Susceptibilidad por unidades de análisis 54

3. ESCENARIOS 61

3.1 Provincias climáticas 61

3.2 Cambios de precipitación 62

3.3 Cambios de temperatura 63

3.4 Susceptibilidad a inundación 64

3.5 Vulnerabilidad al cambio climático 64

Suelos con materiales calcáreos marinos, Atlántico, 2019 / Fredy Neira.

1. METODOLOGÍA

La metodología general se basa en la identificación de los principales componentes o los factores que inciden en la salinización. Esta etapa incluye una revisión del estado del arte a escala nacional, en la cual se analiza la información geográfica digital y análoga existente, mediante el uso de un sistema de información geográfico. Posteriormente, se seleccionan las variables o atributos en relación con la salinización.

Cada una de las variables analizadas se califica de acuerdo con su relación o probabilidad de ocurrencia de salinización.

Se proponen cinco categorías de susceptibilidad a salinización Muy alta, Alta, Media, Baja y Muy baja.

Los niveles de susceptibilidad de los suelos a degradación por salinización se obtienen asignando un valor porcentual a cada factor evaluado de acuerdo con su relevancia en la formación de suelos salinos. Al integrar los valores por factor se obtiene el mapa de susceptibilidad.

Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Bajo las condiciones actuales es muy poco probable que se presente aumento de sales en los suelos. Los factores suelo, clima, relieve y pendiente no indican posibilidad de aumento de sales. Son zonas donde además no se presenta intervención antrópica que acelera procesos de salinización. Sin embargo, si se alteran las condiciones naturales, pueden cambiar de categoría.	Algunas de las condiciones naturales indican una probabilidad de ocurrencia de salinización. No se consideran efectos negativos a corto plazo. Es posible que la presencia de sales sea apenas temporal y esporádica. Los aumentos dependerán de las actividades antrópicas y de los impactos climáticos (cambio, variabilidad).	Los factores que inciden en salinización presentan condiciones intermedias para el desarrollo de este proceso. Es posible que la salinización aparezca de forma frecuente, especialmente bajo prácticas de manejo inadecuadas o bajo efectos climáticos extremos. Los efectos negativos de la salinización ya pueden verse, aunque sus alteraciones no sean críticas.	Los factores que determinan la salinización presentan condiciones favorables para que este proceso ocurre a corto plazo y en caso de presentarse, los efectos ya tendrían impactos negativos en la productividad, funciones y servicios ecosistémicos de los suelos. Deben tomarse medidas de manejo y recuperación.	Todos los factores que inciden en la salinización presentan las condiciones ideales para que ocurra este proceso de forma muy rápida y con niveles muy críticos especialmente si las actividades antrópicas son inadecuadas. En caso de presentarse salinización sus efectos serán extremos y así mismo la recuperación de los suelos será costosa o difícil y se requerirán medidas de adaptación.

Tabla 2. ~Descripción de las categorías de susceptibilidad
Fuente: Elaboración propia.

Los suelos son una colección de sales. / 2016 / Fredy Neira.

Susceptibilidad de los suelos a salinización



Clima

ACTUAL
- Caldas-Lang
- Evapotranspiración

PROYECTADO
- Tendencia precipitación
- Escenarios temperatura

Susceptibilidad
30 %
5 %

Las variables del clima directamente relacionadas con la salinización son la precipitación y la temperatura. El índice climático de Caldas-Lang, define las provincias de humedad y la evapotranspiración. Los climas más cálidos y los ambientes más secos reflejan mayor susceptibilidad a salinización mientras que los climas más fríos y húmedos presentan menor susceptibilidad a salinización. A mayor evapotranspiración, mayor es la posibilidad de acumulación de sales (Ideam, 2015).

Las tendencias climáticas indican un comportamiento más real del clima que los mismos promedios multianuales, considerando que el clima es variable. Con base en el estudio de escenarios climáticos (Ideam, 2014), se seleccionan las dos variables climáticas más determinantes para la salinización: temperatura y precipitación. A mayor temperatura mayores serán los procesos de salinización y a menor precipitación mayor será la concentración de las sales en los suelos. Las variaciones o tendencias de las variables precipitación y temperatura son importantes para la definición de zonas que tienden a ser más secas, por aumento de la temperatura, o disminución de precipitaciones. (Ideam, 2014).

Cambios de precipitación

La disminución de la precipitación puede ayudar a aumentar la salinización. Con base en el mapa de tendencias de la precipitación acumulada anual para Colombia (Ideam, 2011), se diferencian zonas de acuerdo con los rangos que propenden a los aumentos o la disminución de la precipitación,

Cambios de temperatura

El aumento de la temperatura acelerará los procesos de salinización. El análisis del cambio de temperatura se realiza a partir del escenario climático presentado por el Ideam, dentro de los cuales se seleccionó el escenario con RCP 4.5 (Camino Representativo de Correlación, por sus siglas en inglés), sugerido por el Ideam como el modelo que indica la tendencia o comportamiento real para Colombia.



Uso de suelos

Corine Land Cover (CLC) / Sistema de uso

Susceptibilidad
20 %

Las coberturas naturales se consideran como aquellas en las que los procesos de salinización están en equilibrio. La pérdida de la cobertura natural, debido a la tala, expone al suelo a procesos como aumento de evaporación del agua, este contribuye con un incremento de sales en la superficie del suelo por ascenso y concentración. Los usos agrícolas, por actividades como el riego, el drenaje y la fertilización, son los que más inciden en la salinización de los suelos. El uso se establece a partir de la interpretación del mapa de Corine Land Cover (Ideam, 2015).



Suelos

Taxonomía

Susceptibilidad
40 %

Los suelos presentan diferencias en cuanto a propiedades y características que inciden en la susceptibilidad a salinización y que están expresadas en su génesis y evolución. La clasificación taxonómica utilizada para Colombia (USDA Soil Taxonomy), indica estas condiciones a diferentes niveles desde el orden hasta el subgrupo. Los suelos clasificados como salinos por naturaleza se consideran como aquellos en los que la susceptibilidad a salinización es muy alta. Las principales condiciones relacionadas con la salinización, derivadas de la taxonomía, son el clima, el tipo de suelo, su origen (material parental) y régimen de humedad de los suelos.



Relieve

Pendiente

Tipo relieve

Susceptibilidad
5 %

El relieve está relacionado con procesos de acumulación o de pérdida de materiales, entre ellos las sales. Las variables seleccionadas para este componente corresponden al tipo de relieve o de paisaje, definidos en los estudios de suelos del IGAC. El tipo de relieve corresponde a la geoforma específica de cada paisaje. Los más relacionados con salinización son aquellos en los cuales se presentan ganancia o acumulación de materiales, en los cuales podrían concentrarse las sales.

Las pendientes más suaves tienen una mayor relación con la ocurrencia del proceso de salinización, debido a que en ellas predominan procesos de depositación de materiales minerales que aportan sales. En las pendientes más fuertes o empinadas, predominan procesos de erosión, la susceptibilidad y la salinización es menor. A mayor pendiente es menor la ocurrencia de salinización. Esta variable se analiza a partir de un modelo de elevación digital del terreno.

Figura 7. ~Modelo conceptual propuesto para la determinación de zonas susceptibles a salinización a escala nacional.
Fuente: Adaptado de Ideam, U.D.C.A, 2017.

Orden	Suborden	Gran grupo	Subgrupo
ids	Todos		
ert, oll, alf	ust	Calci- Hapl, Natr	Sodic, Halic, Aridic, Vertic, Sodic
ept, ent	ust	Calci- Hapl, Sulf	Calcic, Sulfic
ist	hem, sapr	Sulfi	Todos
ert	aqu	Endo	Fluvaquentic, Ustic
	ust	Hapl	Aquic, Cromic, Typic, Udic
olls	ust	Argi, Hapl, Pale	Cualquiera
alf	aqu, ud, ust	Endo, Hapl, Dur	Aridic, Mollic, Vertic, Aquertic, Aquic
ept	ust	Hapl	Aridic, Vertic
ent	Fluv, orth psamm	Ust	Aridic, Vertic, Mollic
ert, oll, alf	Restantes		
ept	aqu	Endo, Epi	Vertic, Fluvaquentic, Fluventic
		Hum	Fluvaquentic, Aquertic, Aquic
	ud	Eutr	Todos
	ust	Dystr - Hapl	Cualquiera
ent	aqu	Fluv	Vertic
	fluv	Udi	Aquic, Aquertic
		Usti	Typic, Aquic, Oxyaquic
and	aqu	Endo - Epi	Histic, Typic - Thaptic
	ust	Hapl	Humic, Lithic, Pachic, Typic, Vitric
ept	aqu	Endo - Epi	Aeric, Aquandic, Humic, Typic
		Hum	Aeric, Cumulic, Histic, Typic
		Petr	Plithic, Typic
	ud	Dystr	Ustic, Vertic
	ust	Dystr, Hapl, Hum	Cualquiera
ent	aqu	Fluv, Hydr	Typic, Humaqueptic, Aeric
	fluv	Udi	Typic, Oxyaquic
	orth	Ud-Ust	Aquic - Typic, Lytic, Udic
ist	hem, fibr	Hapl	Terric
ods	aqu	Endo	Typic
ult, ox	Todos		
ods, ist, ent, ept, and	restantes		

Tabla 3. ~Calificación de la taxonomía de suelos
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.



Los suelos con relieves planos son más susceptibles a inundación, 2016. /Fredy Neira.



Los climas secos son más susceptibles a salinizacion. La Guajira, 2018 /Fredy Neira.



Usos intensivos o prácticas inadecuadas influyen en salinización /Fredy Neira.

Tipo de relieve
Depresión de deflación, depresiones, plano de marea, plano deltaico, plano fluviomarino, plataforma costera, vallecitos, terraza agradacional nivel 1, terrazas litorales de diferentes niveles.
Plano de desborde, plano de inundación, vegas, islotes, abanico aluvial subreciente, abanico glacis, abanico reciente a subreciente, abanicos aluviales, abanicos aluviales recientes, abanicos terraza, abanicos terraza reciente, campo de loes, delta, glacis, glacis de acumulación, pedimento, terrazas medias, terrazas niveles 1 y 2, terrazas recientes, terrazas subrecientes y vallecitos coluvio-aluviales.
Campos de lava, mesas, mesetas, abanicos, abanicos mixtos, abanicos torrenciales, ondulaciones, terrazas altas, terrazas antiguas, terrazas colgantes, terrazas niveles superiores, glacis coluvial, campos de arena, campos de dunas, abanicos de explayamiento, abanicos, conos aluviales, coladas de lava, cono de deyección, mantos de limos y abanico diluvial.
Cuestas, glacis de erosión, glacis mixto, lomas, mesas, abanicos antiguos, abanicos coluviales, abanicos terraza antiguos, colinas, terraza erosional, coladas de solifluxión, peniplanos, artesas glaciales, campo de artesas, campos morrénicos y aplanamientos.
Crestas, crestones, lomas, barras, cañones, cañadas, cerros residuales, cumbres andinas, escarpes, taludes, espinazos, escarpes, flatirones, filas, vigas, hogbacks y periglacial.

Tabla 9. ~Calificación del tipo de relieve
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

Provincia de humedad	Piso térmico				
	Cálido	Templado	Frío	Muy frío	Ext. frío
Desértico					
Árido					
Semiárido					
Semihúmedo					
Húmedo					
Superhúmedo					

Tabla 4. ~Calificación del clima (Caldas-Lang)
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

EVT media anual (mm)
>1800
1400–1800
1000–1400
800–1000
600–800

Tabla 5. ~Evapotranspiración
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

Disminución de la precipitación (%)
>10
1 a 10
-5 a 1
-10 a -5
<-10

Tabla 6. ~Tendencia de precipitación
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

Incremento de temperatura (°C)
> 1
0,8 a 1
0,5 a 0,8
0 a 0,5
Negativo

Tabla 7. ~Cambio de temperatura
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

Pendiente %
0-3
3-12
12-25
25-50
>50

Tabla 8. ~Calificación de la pendiente
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

Calificación de la cobertura de la tierra
Arbustales, herbazales, bosques, vegetación secundaria o en transición, zonas glaciares y niveles
Café, cacao, mosaico de cultivos-pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos arbolados, arenales, campos de dunas, vegetación secundaria baja.
Zonas pantanosas, zona de disposición de residuos, cultivos permanentes herbáceos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos con espacios naturales, zanahoria, pastos limpios, pastos enmalezados, zonas de extracción minera, explotación de hidrocarburos, turberas, vegetación acuática sobre cuerpos de agua, caña panelera, otros cultivos permanentes arbustivos, otros cultivos permanentes arbóreos, palma de aceite, cultivos agroforestales, mosaico de cultivos, palmares, plantación forestal, plantación de latifoliadas.
Playas, zonas arenosas naturales, cultivos confinados, pantanos costeros, otros cultivos transitorios, papa, zonas quemadas.
Sedimentos expuestos en bajamar, caña, plátano y banano, maíz, algodón, cebolla, tierras desnudas y degradadas, manglar, explotación de sal, arroz, caña de azúcar y salitral.

Tabla 10. ~Calificación de la cobertura de la tierra
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

2. RESULTADOS

DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN

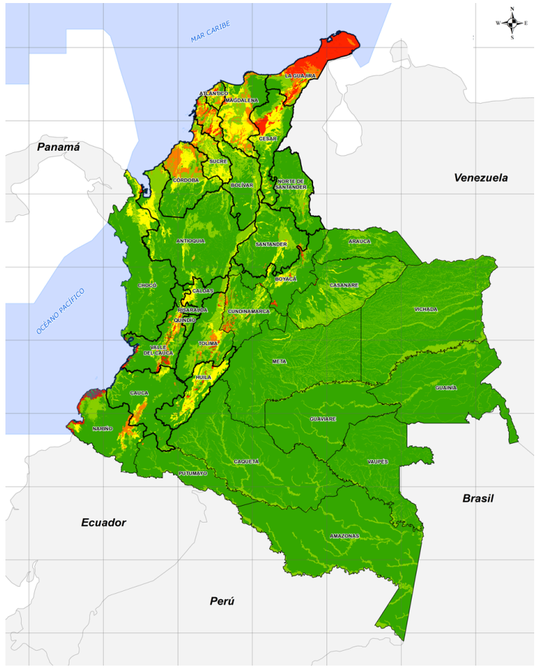


Figura 8. ~Mapa de susceptibilidad a salinización por condiciones intrínsecas de los suelos.
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

2.1 ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SALINIZACIÓN

Condiciones intrínsecas de los suelos

Las condiciones intrínsecas genéticas y de evolución de los suelos se enmarcan en su clasificación taxonómica, la cual incluye en forma general condiciones o ambientes de formación de suelos y en las características y propiedades que inciden en la salinización, tales como clima edáfico, tipos de materiales parentales, condiciones o presencia de sales, etc. Según la evaluación de la taxonomía, los suelos con mayor susceptibilidad a salinización se ubican entre las zonas secas y áridas, principalmente, en la península de La Guajira, seguidos de varias zonas en la región Caribe, sectores en valles interandinos del Cauca, Magdalena, Patía y Chicamocha, principalmente, en algunas zonas del altiplano. En la parte sur de la región pacífica, por efecto costero, se presenta también alta susceptibilidad a salinización.

Para el caso de los sulfatados ácidos de Boyacá, o de algunos en zonas del Valle del Cauca, se realizó un ajuste con base en información secundaria de estudios locales a escalas mas detalladas. Las zonas con menor susceptibilidad a salinización corresponden a la mayor parte de la Amazonia y Orinoquía y a las áreas más pendientes y húmedas de las regiones Andina y Pacífica.

Los suelos de estas regiones son generalmente más evolucionados, con arcillas de baja actividad o relativamente pobres en bases, sobresalen por sus procesos de lavados o escurrimiento, por lo cual predominan las pérdidas de materiales de suelo y de sales.

Muestras de suelos para medición de conductividad eléctrica y pH /Fredy Neira.

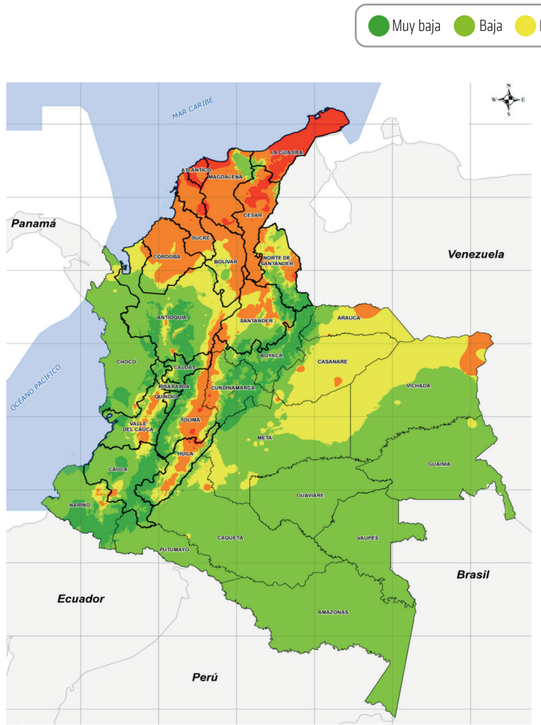


Figura 9. ~Mapa de Susceptibilidad a salinización por clima actual.
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

Susceptibilidad por clima actual

Según las zonas climáticas definidas mediante el sistema Caldas-Lang (IDEAM, 2015), las zonas con mayor susceptibilidad corresponden a los climas extremos secos y cálidos en la Guajira y algunos sitios del Caribe. Otras zonas con alta susceptibilidad comprenden gran parte de la región Caribe y los valles interandinos del Magdalena, Cauca, Chicamocha y Alto Patía, además de algunos pequeños sectores hacia el norte de la Orinoquía. Zonas bajas de la región Andina, así como gran parte del centro y norte de la Orinoquía, un área al occidente de los departamentos de Caquetá y Meta. La parte transicional entre las regiones Andina y Caribe, presentan susceptibilidad media por clima. El mayor porcentaje de la superficie restante registra una susceptibilidad baja.

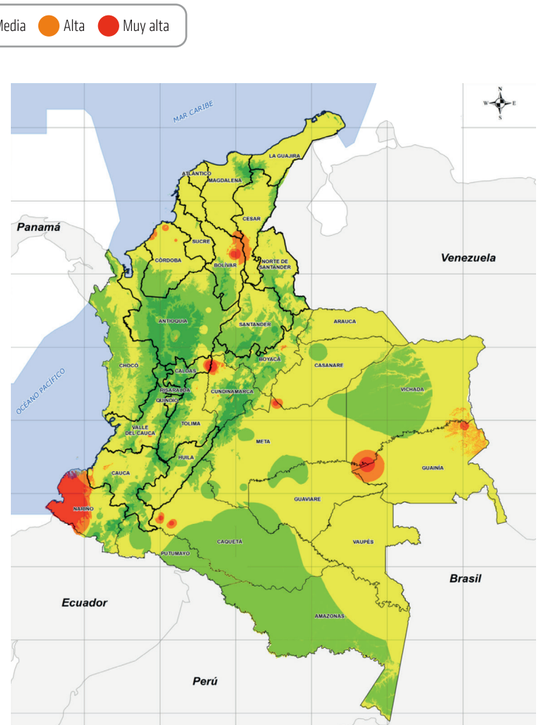


Figura 10. ~Mapa de Susceptibilidad a salinización por clima proyectado.
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

Susceptibilidad por clima proyectado

Como escenarios de disminución de las precipitaciones y aumento de temperaturas, es posible un aumento de evapotranspiración relativa o un descenso del contenido de humedad de los suelos, lo que podría originar un aumento de la concentración de sales en los suelos. Las zonas con alta y muy alta susceptibilidad por clima proyectado se localizan principalmente en la parte suroccidental del pacífico y otras pequeñas áreas entre los departamentos de Caldas y Cundinamarca, Vichada, Guainía y Guaviare, Bolívar y Cesar y en pequeños sectores en los departamentos de Córdoba, Caquetá y límites entre Meta y Casanare. La mayor parte del país presenta una tendencia a disminución de precipitaciones y a aumentos de temperaturas por lo que gran parte del territorio tendría una susceptibilidad media a salinización con base en las tendencias climáticas.

Las algas son indicadores de salinización / 2017 / Fredy Neira.

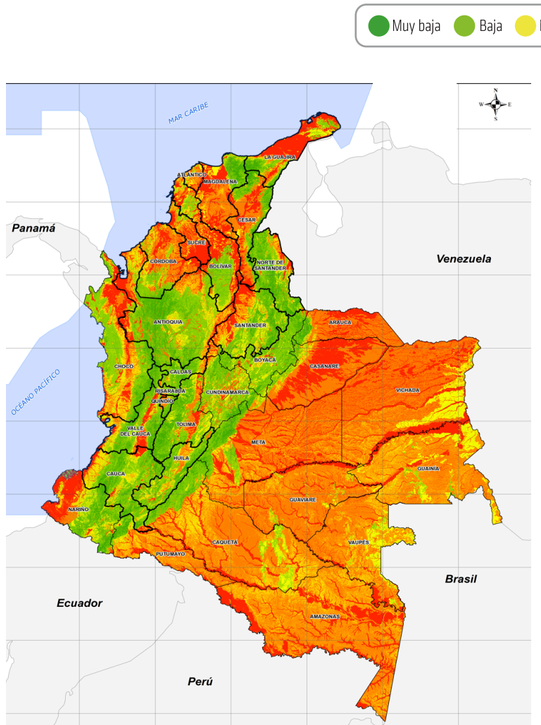


Figura 11. ~Mapa de Susceptibilidad a salinización por relieve y paisaje.
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

Susceptibilidad por relieve y paisaje

Las partes más bajas, con pendientes planas y formas rectas a cóncavas, localizadas principalmente en la región Caribe, la Orinoquía inundable, valles del Atrato e interandinos y zona costera sur del Pacífico, corresponden a los sitios más adecuados para la ocurrencia de acumulación de sales. El área restante de la Amazonia, Orinoquía y región Caribe presentarían susceptibilidad media a alta. En tanto que las zonas más altas de las regiones Andina y Pacífica tendrían los relieves con menor susceptibilidad a acumulación de sales.

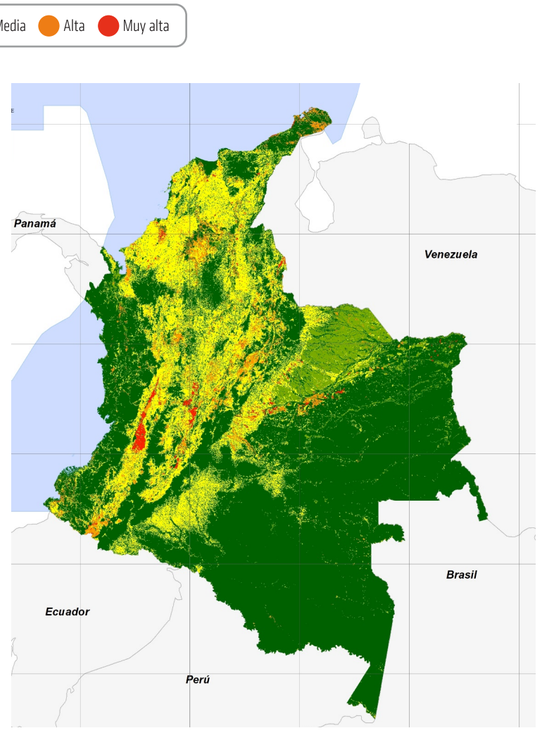


Figura 12. ~Mapa de Susceptibilidad a salinización por uso.
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

Susceptibilidad por uso

El análisis del uso a partir de la cobertura indica que las zonas más susceptibles a salinización se localizan en sectores de las regiones Andina, Caribe, Valles interandinos y Altiplano, con susceptibilidad media a muy alta. Las principales acciones de los usos que podrían incidir en la salinización se relacionan con pérdida de la cobertura vegetal original y uso de sistemas intensivos agrícolas incluyendo riego y fertilización. No se evaluó a escala nacional la relación entre otros usos diferentes a los agrícolas y pecuarios con la salinización, debido a la no disponibilidad de información para el área total del país (minería, petróleo, industria, etc.).



2.2 SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS A DEGRADACIÓN POR SALINIZACIÓN EN EL ÁMBITO NACIONAL

Colombia presenta potencialmente diferencias en susceptibilidad a salinización por su variedad de suelos, climas, relieves y usos, presentándose desde zonas con Muy baja hasta Muy alta susceptibilidad a degradación.

La clase de susceptibilidad Muy alta incluye zonas donde las condiciones naturales son extremadamente favorables para la ocurrencia de procesos de salinización, aunque las actividades antrópicas no sean de alto impacto. En este caso las condiciones naturales determinan significativamente la ocurrencia de procesos de salinización. Un 0,7 % (790.729 ha) de los suelos en el territorio colombiano se clasifican con muy alta susceptibilidad a salinización.

Los suelos con susceptibilidad Alta corresponden a aquellos donde las condiciones tanto naturales como antrópicas son propicias para que los procesos de salinización ocurran de una forma acelerada, especialmente si las actividades antrópicas son de alto impacto o modifican drásticamente su condición natural. Los factores naturales como el paisaje, los suelos y el clima, indican una alta susceptibilidad ante cambios naturales que favorecen procesos de salinización en períodos cortos de tiempo. Estas zonas se localizan principalmente en la región del Caribe, con mayor afectación en la Guajira, en algunos valles interandinos (de los ríos Cauca, Magdalena, Patía) y sectores de los altiplanos de la región Andina, abarcando un 4,5 % del país (5.096.063 ha).

Los suelos con susceptibilidad Media son aquellos donde pueden ocurrir procesos de salinización, debido a una fuerte alteración de las condiciones propias de los suelos y del paisaje, por cambios naturales (climáticos) o antrópicos. Son suelos que requieren mayor atención especialmente ante cambios antrópicos o naturales. Se estima que un 7,5 % de la superficie del país (8.531.656 ha) manifiesta susceptibilidad potencial media a salinización, localizados principalmente en la región Caribe y en los valles interandinos. Para estas zonas los factores esenciales que pueden favorecer la salinización son el clima, el relieve y el uso. Otras zonas, aunque pequeñas, con susceptibilidad Media se presentan hacia el sur occidente del Pacífico y en la Orinoquia, en los departamentos de Nariño y Meta.

La mayor parte de los suelos con Baja susceptibilidad se localizan en la Orinoquia, donde las coberturas y los relieves favorecen la acumulación de sales, aunque los suelos presenten un grado alto de evolución, baja fertilidad y se desarrollan en climas húmedos. Gran parte del piedemonte de la Amazonia presenta también baja susceptibilidad, debido principalmente a la pérdida de cobertura natural. En la región Pacífica se presentan dos zonas con susceptibilidad Baja: al sur la costa Nariñense y hacia el norte el valle del río Atrato. En ambos casos el relieve es el factor que permite la acumulación de sales. En la región Andina y en la parte sur del Caribe la susceptibilidad baja es determinada principalmente por el clima y el relieve. Se estima que un 31,9 % del área continental del país, (36.379.945 ha) presentan baja susceptibilidad a degradación por salinización.

La clase de susceptibilidad Muy baja corresponde a suelos generalmente muy evolucionados que, por sus condiciones naturales, de geomorfología, clima, cobertura y ocupación actual, tienen poca probabilidad de presentar degradación por salinización. Estas zonas se localizan en laderas empinadas con climas desde muy fríos de las regiones Andina y Pacífica, así como en la mayor parte de la Amazonia, sur de la Orinoquia. Se estima que el 53,4 % (60.934.270 ha) del territorio nacional presenta susceptibilidad Muy baja.

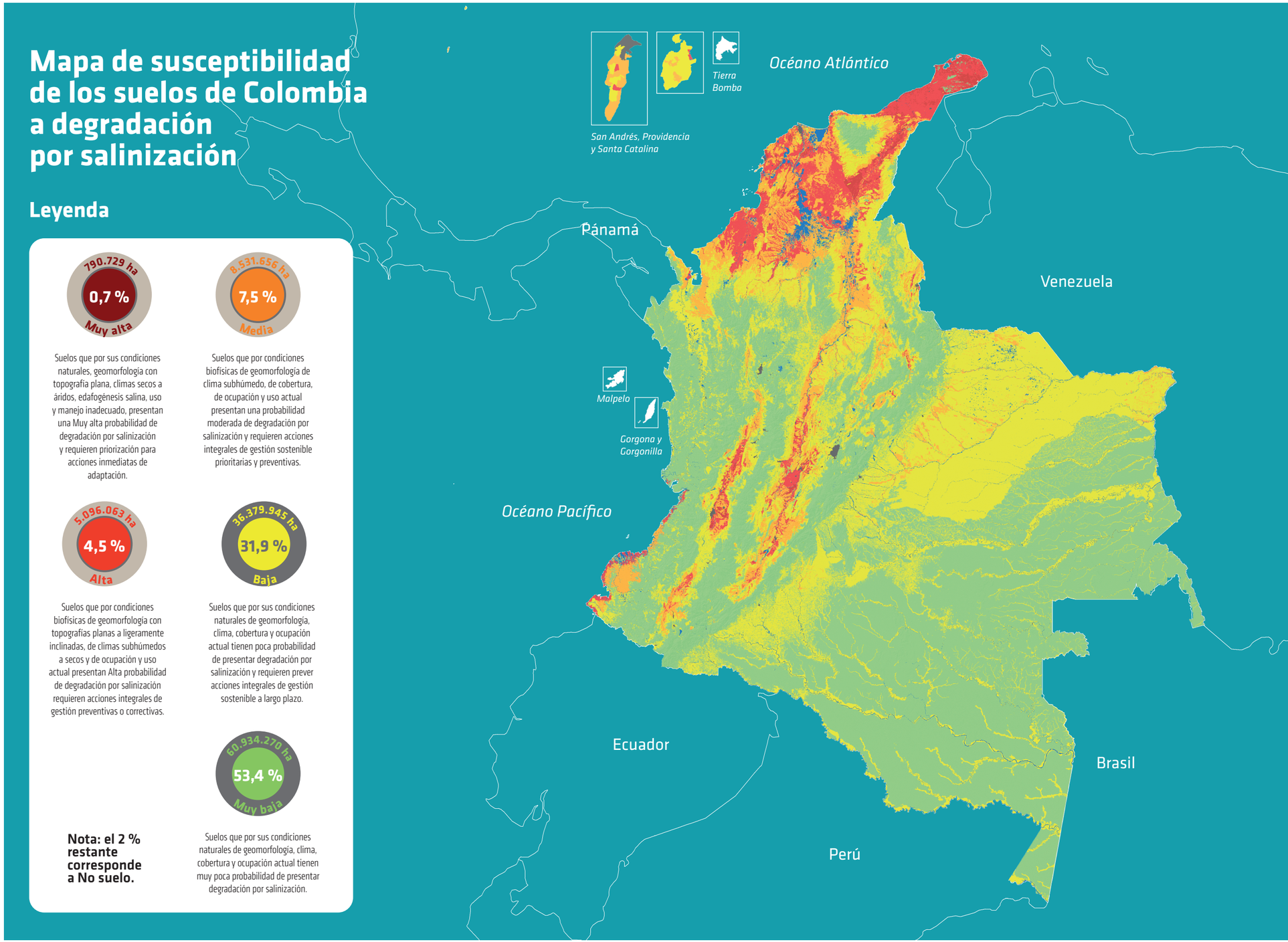


Figura 13. ~Susceptibilidad de suelos de Colombia a degradación por salinización.
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2016.

2.3 SUSCEPTIBILIDAD POR UNIDADES DE ANÁLISIS

Áreas hidrográficas

Las áreas hidrográficas (AH) corresponden a las grandes cinco cuencas definidas para Colombia por la Resolución 0337 de 1978 por el Himat (hoy Ideam): Caribe, Magdalena-Cauca, Orinoco, Amazonas y Pacífico y se refieren al espacio geográfico o megacuenca (Ideam, 2013).

Las AH Caribe y Magdalena-Cauca son las que presentan mayor superficie en porcentaje con algún grado de susceptibilidad a degradación por salinización (de Bajo a Muy alto). El AH Caribe presenta un 63 % de su superficie con alguna probabilidad a salinización. El AH magdalena-Cauca presenta un 66,6 % de la cuenca con algún grado de susceptibilidad.

En el AH Caribe confluyen todos los factores propicios para salinización: climas, relieves, materiales parentales, usos y cercanía a corrientes marinas y/o saladas, variando localmente. Las zonas con mayor probabilidad en el AH Caribe son la Guajira y la zona costera de los departamentos de Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba y en menor grado la zona costera de Antioquia, Chocó y el oriente de Norte de Santander.

En el AH Magdalena-Cauca, las zonas con mayor probabilidad a degradación y en mayor grado se localizan principalmente en el norte, en los departamentos de Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Cesar y Córdoba, por acción de clima, relieve, cercanía a corrientes marinas y materiales parentales ricos en sales. Se presentan también condiciones propicias para salinización en las zonas bajas de los valles de los ríos Cauca y Magdalena, en los departamentos de Valle, Cauca, Huila, Tolima y Cundinamarca. Otras zonas con menor probabilidad se localizan en Santander, Antioquia, Risaralda, Caldas y Quindío.

El AH Orinoco presenta un 53,8 % de sus suelos susceptibles a degradación por salinización, aunque la mayor parte es Baja y solo el 2,1 % del AH Orinoco presenta susceptibilidad Media. En parte de la altillanura y de la Orinoquia inundable esencialmente. Las principales variables que definen la susceptibilidad a la salinización acá son la geomorfología, el relieve y el clima. Usos o prácticas inadecuadas como riego, drenajes, secados, aplicación de aguas residuales de exploraciones podrían potencializar localmente la salinización.El AH Amazonas presenta el menor porcentaje en susceptibilidad y con menor grado, determinadas especialmente por la geomorfología y relieve son el piedemonte y algunas planicies, con una superficie cercana al 15,6 % de la región. Las zonas más susceptibles a degradación de suelos por salinización en el AH Pacífico se localizan principalmente en el valle del Alto Patía (departamentos de Cauca y Nariño) por condiciones climáticas y materiales parentales y en la costa de los departamentos de Valle, Cauca y Nariño por acción marina y materiales ricos en sulfatos y hierro. En total el 29,4 % del AH Pacífico presenta susceptibilidad a salinización



Los suelos de climas secos son susceptibles a salinización. Cañón del Chicamocha, Santander. 2018 / Fredy Neira.

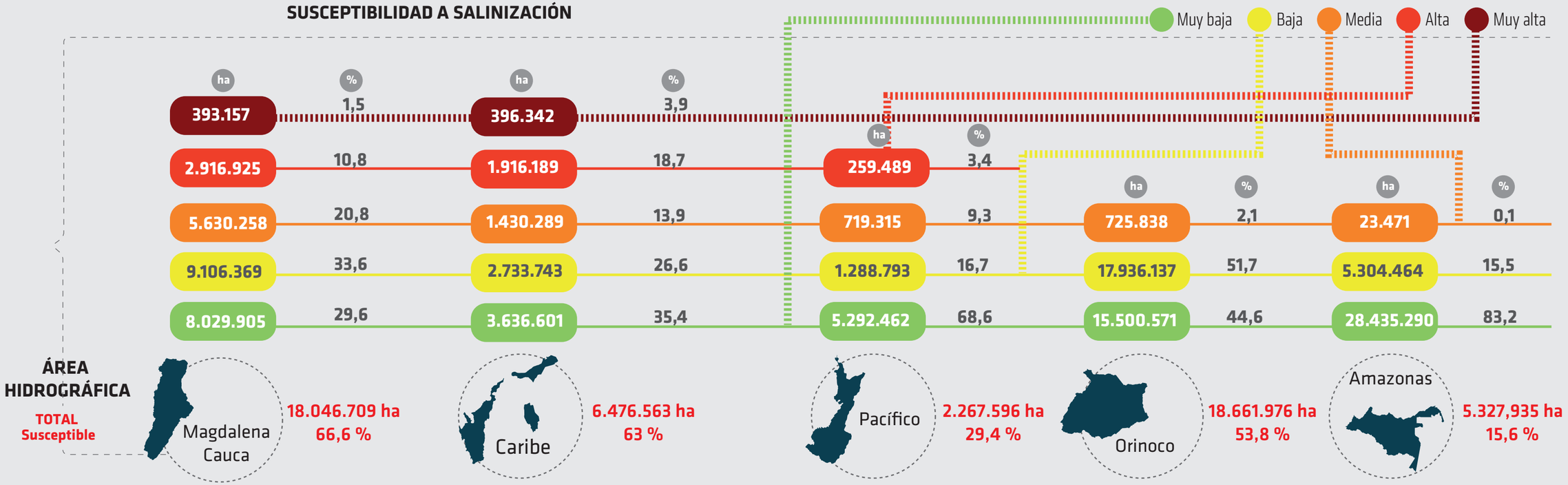


Figura 14. ~Susceptibilidad a degradación de suelos por salinización por área hidrográfica.
Fuente: Elaboración propia.

Susceptibilidad a salinización

de suelos por departamento % ha

Interpretación: Debajo de cada departamento se indica el porcentaje del área departamental por nivel de susceptibilidad, según los colores, desde muy alta a muy baja. Sobre la barra se indica la superficie departamental evaluada, en ha.

Los departamentos de **Sucre, Atlántico, La Guajira y Magdalena** presentan más del **75 %** de su superficie con **mayor susceptibilidad a salinización.**
Córdoba, Bolívar y Cesar presentan una susceptibilidad superior al **50 %** de su superficie.
La mayor parte de los departamentos tienen algún porcentaje de suelos con susceptibilidad "Baja", por lo que el tema de salinización debe ser considerado en términos de tiempo al menos a mediano plazo a escala más locales.
Los departamentos de **Cesar, archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Casanare y Arauca** deben ser considerados como potenciales a aumento de sales.



AMAZONAS

	•••
	•••
	•••
	10,1
	89,9

10.949.794



ANTIOQUIA

	•••
	0,6
	12,3
	38,0
	49,1

6.296.306



ARAUCA

	•••
	•••
	3,9
	85,6
	10,5

2.382.024



ATLÁNTICO

	4,1
	48,9
	39,8
	7,1
	0,1

332.199



BOLÍVAR

	2,5
	12,8
	38,2
	24,5
	22,1

2.669.793



BOYACÁ

	0,1
	0,6
	8,6
	27,2
	63,5

2.315.195



HUILA

	0,8
	5,6
	31,5
	29,2
	32,9

1.813.680



LA GUAJIRA

	19,4
	53,9
	11,9
	8,2
	6,6

2.061.697



MAGDALENA

	1,3
	44,7
	30,5
	10,9
	12,6

2.313.767



META

	•••
	•••
	1,0
	59,6
	39,5

8.555.124



NORTE DE SANTANDER

	•••
	1,1
	9,6
	49,2
	40,1

3.149.009



CALDAS

	•••
	3,3
	18,9
	27,2
	50,6

743.890



CAQUETÁ

	•••
	•••
	0,2
	26,5
	73,2

9.010.823



CASANARE

	•••
	•••
	9,3
	83,7
	7,1

4.436.293



CAUCA

	•••
	2,7
	7,4
	23,7
	66,2

3.124.940



CESAR

	6,0
	21,5
	25,6
	40,5
	6,3

2.256.217



NARIÑO

	•••
	5,5
	17,1
	18,4
	59,1

2.183.506



PUTUMAYO

	•••
	•••
	0,1
	27,4
	72,5

2.597.704



QUINDÍO

	•••
	•••
	11,2
	42,2
	46,6

193.217



RISARALDA

	•••
	2,8
	7,2
	23,6
	66,5

356.035



SANTANDER

	•••
	0,5
	18,8
	50,3
	30,5

3.055.841



CHOCÓ

	•••
	0,2
	2,7
	19,5
	77,6

4.819.097



CÓRDOBA

	31,1
	23,5
	31,7
	13,6
	•••

2.500.524



CUNDINAMARCA

	0,8
	3,7
	9,5
	43,9
	41,9

2.398.386



GUAINÍA

	•••
	•••
	•••
	10,7
	89,3

7.127.470



GUAVIARE

	•••
	•••
	•••
	16,6
	83,4

5.557.912



SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA

	•••
	3,9
	37,2
	58,2
	0,8

4.972



SUCRE

	0,8
	33,7
	60,5
	5,0
	•••

1.067.971



TOLIMA

	1,5
	11,2
	14,8
	35,5
	37,0

2.414.873



VALLE DEL CAUCA

	4,2
	10,4
	12,1
	23,3
	50,0

2.065.480



VAUPÉS

	•••
	•••
	•••
	10,7
	89,3

5.329.041



VICHADA

	•••
	•••
	1,3
	57,6
	41,1

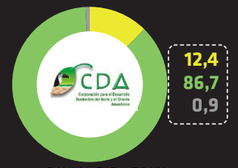
10.009.073

Muy baja · Baja · Media · Alta · Muy alta

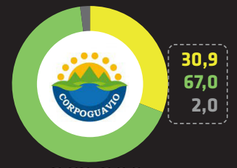
Susceptibilidad a salinización

de suelos por autoridad ambiental (%/ha)

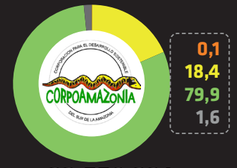
Interpretación: A la derecha de cada corporación se indica el porcentaje del área departamental por nivel de susceptibilidad, según los colores. El gráfico que rodea el logo indica la relación en %. Bajo los logos se indica el área evaluada de la corporación, en ha.



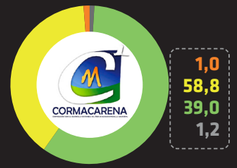
CDA
18.014.422



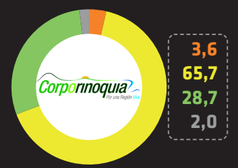
CORPOGUAJIRA
363.288



CORPOAMAZONIA
22.558.321



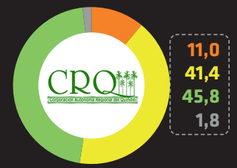
CORMACARENA
8.555.124



Corpornoquia
17.393.323

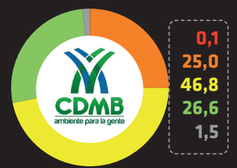


CORPOCHIVOR
309.570

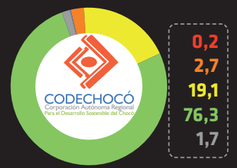


CRQ
193.217

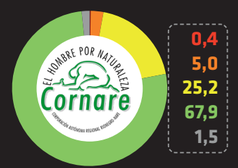
El análisis correspondiente aplica para las autoridades ambientales regionales.
Las autoridades ambientales que presentan **mayor susceptibilidad a degradación de suelos por salinización son Carsucre, Corpoguajira, Cardique, CRA, Corpomojana y Corpamag**, todas localizadas al norte del país, de las cuales la más **crítica es Corpoguajira**, que presenta alrededor de **70 %** de sus suelos con clases de susceptibilidad a degradación Alta y Muy alta.
La mayoría de las autoridades ambientales presentan algún área con clase de susceptibilidad Baja o mayor a salinización.



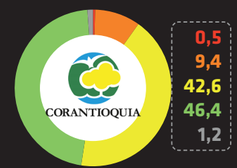
CDMB
461.827



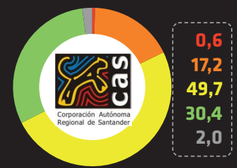
CODECHOCÓ
4.819.097



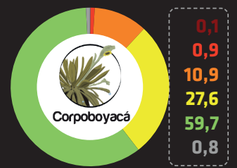
Cornare
816.993



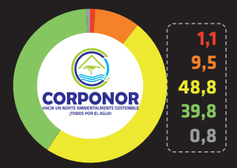
CORANTIOQUIA
3.467.642



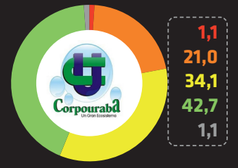
cas
2.594.014



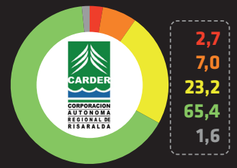
Corpoboyacá
1.608.815



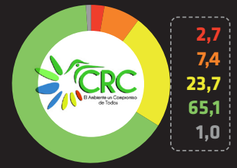
CORPONOR
2.183.506



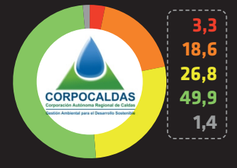
Corpourabá
1.898.765



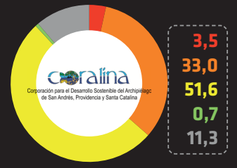
CARDER
356.035



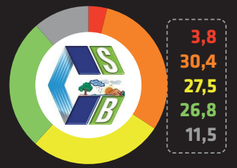
CRC
3.090.721



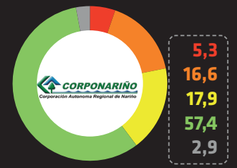
CORPOCALDAS
743.890



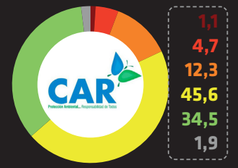
coralina
4.972



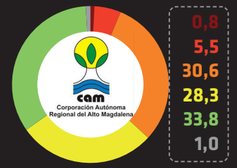
1.952.701



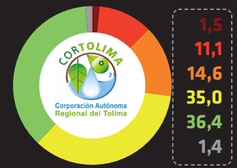
CORPONARIÑO
3.149.009



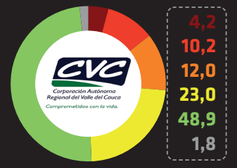
CAR
1.827.575



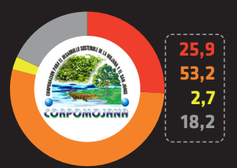
cam
1.847.899



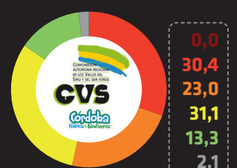
CORTOLIMA
2.414.873



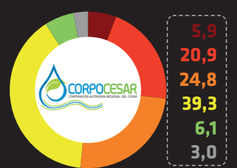
CVC
2.033.490



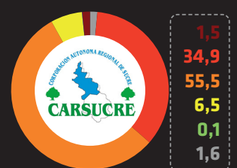
CORPOMOJANA
555.613



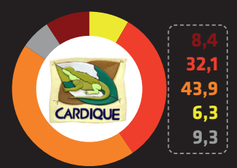
CVS
2.500.524



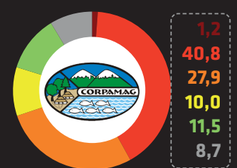
CORPOCESAR
2.256.217



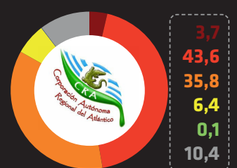
CARSUCRE
512.358



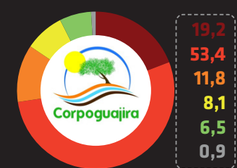
CARDIQUE
709.407



CORPAMAG
2.307.163



CRA
319.768



Corpoguajira
2.061.697

Muy baja · Baja · Media · Alta · Muy alta

3. ESCENARIOS

La susceptibilidad a salinización puede variar debido a cambios especialmente climáticos, ya que este factor es una variable compleja y dinámica. Por esta razón se realiza un análisis con posibles escenarios de cambio en términos climáticos.

3.1 PROVINCIAS CLIMÁTICAS

El análisis de la susceptibilidad por provincia climática se realizó tomando como referencia la clasificación climática de Caldas-Lang, establecida oficialmente para Colombia por el Ideam, 2017.

SUPERHÚMEDO	HÚMEDO	SEMIHÚMEDO	SEMIÁRIDO	ÁRIDO	DESÉRTICO
10.964.962	6.741.445	3.272.737	129.912	3.051	51.498
1.918.580	2.727.708	18.009.872	1.401.777	69.492	630
216.966	163.920	3.836.398	2.832.643	452.633	3.218
70.604	3.120	779.360	2.796.776	748.150	586.358
-	-	36.030	307.383	170.727	274.912
PORCENTAJE DEL PAÍS	11,9	8,7	23,9	6,9	1,5	0,8

Muy baja · Baja · Media · Alta · Muy alta

Figura 15. ~Susceptibilidad a degradación de los ecosistemas por provincia de humedad en hectárea.
Fuente: Adaptado de Ideam, 2015.

Abandono de actividades agrícolas por salinización. Sutamarchán, Boyacá /2016 / Fredy Neira.

Los ecosistemas con climas semihúmedos y semiáridos presentan mayor superficie en hectáreas, susceptible a salinización. En cuanto a porcentaje, los ecosistemas más críticos son los semiáridos, que representan un 6,9 % del país y cerca del 95 % de los suelos presentan alguna susceptibilidad a degradación por salinización. Los ecosistemas desérticos, que representan un 0,8 % de los cuales el 92,6 % presentan alguna susceptibilidad a degradación por salinización, seguidos de ecosistemas áridos que representan un 1,5 % del país y de los cuales el 86 % es susceptible a degradación por salinización. Los ecosistemas semihúmedos tienen también un porcentaje alto de susceptibilidad, cercano al 85 % de los suelos, aunque la mayor parte es Baja a Media (67,3 y 14,3 %, respectivamente). Los ecosistemas húmedos y superhúmedos presentan menos susceptibilidad a degradación por salinización: 30 y 16 % respectivamente, en su mayoría Baja.

3.2 CAMBIOS DE PRECIPITACIÓN

Los estudios del Ideam indican que en Colombia se presentarán cambios. En algunas zonas del país la precipitación tiende a aumentar y en otras a disminuir. Las zonas donde la precipitación puede disminuir representan mayor problema por su directa relación con procesos de salinización, debido a que se favorece la acumulación de sales por aumento de evapotranspiración relativa. Se agruparon los rangos de cambios en precipitación en tres grupos: zonas donde disminuye la precipitación en más del 10 %; zonas relativamente estables (disminuye o aumenta hasta un 10 %) y zonas donde aumenta la precipitación en más del 10 %.

Según el informe de Ensamble Multiescenario para el periodo 2011-2040, realizado por el Ideam, se estima para Colombia que el 45,4 % de las tierras del país tendrían disminuciones de precipitación significativas (mayores al 10 %, que podrían ser equivalentes a la precipitación de un mes o más), donde los procesos de degradación por salinización serían más críticos. En estas zonas un 32,6 % de los suelos podrían presentar salinización (17,8 % Baja; 6,1 % Media; 7,2 % Alta y 1,5 % Muy alta). Las zonas estables también presentan susceptibilidad a salinización en cerca del 53 %, aunque la mayor parte es baja con 41,7 %; 7,6 % con media susceptibilidad y 3,2 % alta. En general en las zonas estables o donde incrementaría la precipitación es probable que se mantenga el nivel de susceptibilidad, pero en las zonas donde disminuye sería mayor la probabilidad de ocurrencia de este proceso.

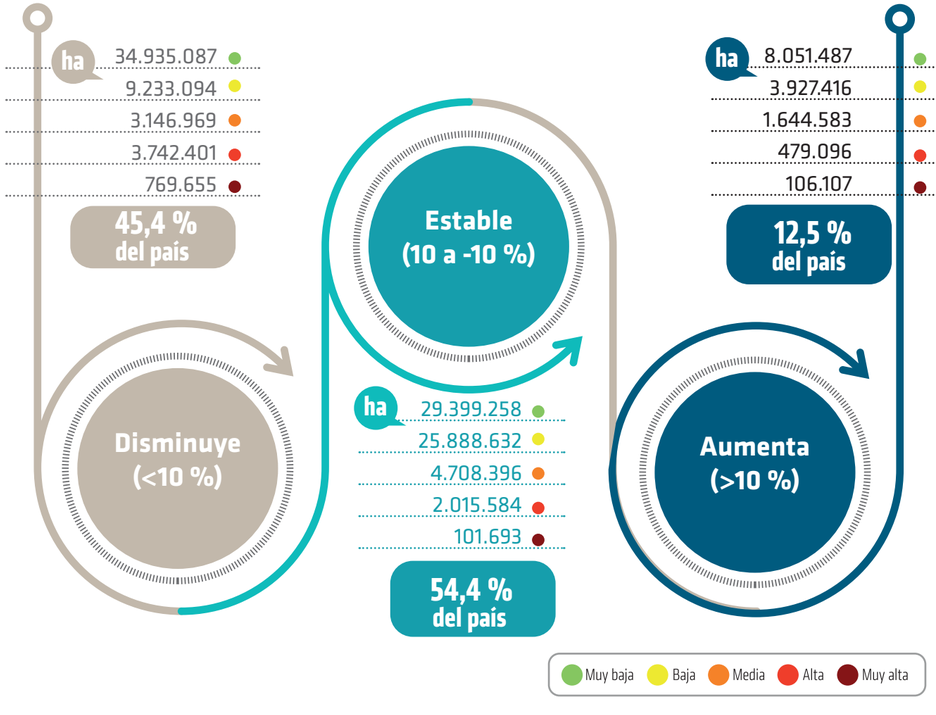


Figura 16. ~Susceptibilidad a degradación de suelos por salinización y cambios en precipitación.
Fuente: Adaptado de Ideam, 2015.



Disminución de precipitación y aumento de temperaturas harán más críticos los procesos de salinización. Repelón, Atlántico / 2019 / Fredy Neira.

3.3 CAMBIOS DE TEMPERATURA

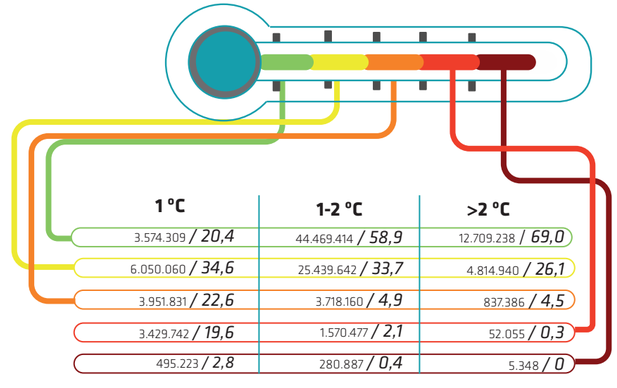
Escenarios de cambio climático realizados por el Ideam, para el **periodo 2011-2040** (Ideam, 2015).

Si las temperaturas aumentan, aumenta la evaporación de la superficie de los suelos y con ellos los movimientos de agua que pueden traer sales al suelo.

66,9 %
del país presentaría aumento de temperatura >1 °C

Se estima que las temperaturas ascenderán en todo el país.

Muy baja | Baja | Media | Alta | Muy alta



Se estima que el 16,3 % del país tendría aumentos de hasta 1 grado centígrado; un 67 % del país hasta 2 °C y un 16,4 % presentaría aumentos mayores a 2 °C. Las zonas con aumentos mayores de temperatura serían más críticas debido a que se presenta más susceptibilidad a degradación por salinización: para las zonas con aumentos mayores a 2 °C casi un 80 % de los suelos presentarían susceptibilidad a degradación mientras que en las zonas con aumentos entre 1 y 2 °C un 41 % y en las zonas con aumentos menores a 1 °C un 31 %.

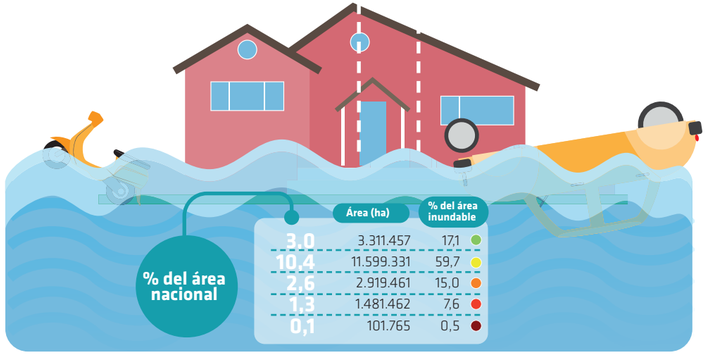
Figura 17. ~Susceptibilidad a degradación de suelos por salinización y cambios en temperatura.
Fuente: Adaptado de Ideam, 2015.

3.4 SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN

El Ideam (2010) ha estimado que para Colombia cerca de 21 millones de hectáreas son susceptibles a inundación.

83 %

De las zonas inundables, presentan susceptibilidad a salinización, aunque la mayor parte es Baja a Media.



Muy baja Baja Media Alta Muy alta

Las inundaciones podrían (en algunos casos) ayudar a acelerar procesos de salinización por el aporte de sales o por la saturación de los suelos y el contacto con horizontes salinos.

Figura 18. ~Área susceptible a degradación por salinización en zonas susceptibles a inundación.
Fuente: Adaptado de Ideam, 2011.



Las inundaciones pueden aumentar la salinización. Tierralta, Córdoba / 2018 / Fredy Neira.

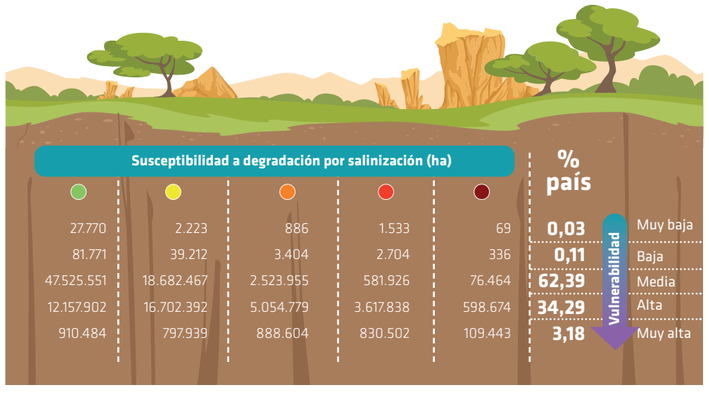
3.5. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

99 %

De los suelos de Colombia presenta vulnerabilidad al cambio climático Media, Alta y Muy alta

De estas, las de mayor susceptibilidad a degradación por salinización son en las Muy alta con **74,3 %** de su área susceptible; las de alta con **68,1 %** y la Media con **31,5 %.**

Muy baja Baja Media Alta Muy alta



El 99 % del país es vulnerable al cambio climático (Ideam *et al,* 2017), lo que indica que casi todas las zonas susceptibles a salinización son vulnetables al cambio climático, e incluso zonas que tienen muy baja susceptibilidad podrían ser afectadas, y dependiendo de los efectos del cambio climático pueden atenuarse procesos de degradación de los suelos, entre ellos la salinización.

Figura 19. ~Área susceptible a degradación por salinización en zonas de vulnerabilidad ambiental en porcentaje.
Fuente: Adaptado de Ideam, 2015.

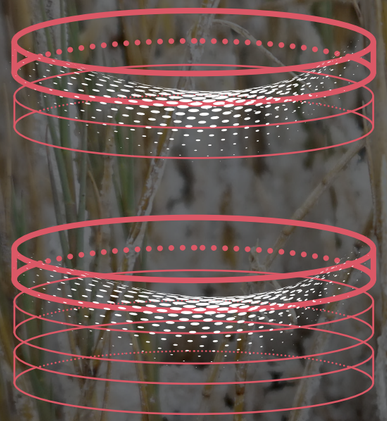


El ascenso del nivel del mar, debido al cambio climático, también influirá en aumento de salinización. Mayapo, La Guajira / 2018 / Fredy Neira.

El estudio de degradación de suelos por salinización se realizó con el enfoque de la metodología de Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impactos y Respuestas (FPEIR).

Salinización Muy severa. Mayapo, La Guajira /2017 / Fredy Neira.

III. ZONIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN



1. METODOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN **71**

1.1 Fase de zonificación 71
1.2 Fase de caracterización 76
1.3 Fase de análisis y evaluación 77

2. RESULTADOS ZONIFICACIÓN, ANÁLISISY EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN **79**

2.1 Análisis nacional 79
2.2 Áreas hidrográficas 86
2.3 Departamentos 90
2.4 Autoridades ambientales 94

SELECCIÓN DE INDICADORES **99**

2.5 Fuerzas motrices o causas indirectas 99
2.6 Presiones o causas directas 100
2.7 Consecuencias o impactos 102

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN **103**

2.8 Causas de la degradación de suelos por salinización 103
2.9 Impactos o consecuencias de la salinización 111
2.10 Respuestas en atención a la gestión del suelo 119
2.11 Evaluación nacional de la degradación de suelos por salinización 122
2.12 Áreas prioritarias para el monitoreo de salinización 123
2.13 Consideraciones sobre la salinización 125

Afectación de pasturas por sales, Paipa, Boyacá / 2016 / Fredy Neira.

1. METODOLOGÍA

PARA LA ZONIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN

La línea base de degradación de suelos por salinización, escala 1:100.000 a nivel nacional para Colombia, se estableció aplicando el *Protocolo para la Identificación y Evaluación de la Degradación de Suelos por Salinización* (Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017), el cual estructura la metodología general en fases, etapas y actividades. Las fases son tres: a) zonificación, que tiene como objetivo determinar el estado actual del proceso en el área continental e insular de Colombia, b) caracterización, en esta se identificaron y definieron las variables y criterios para analizar las causas y consecuencias y c) análisis y evaluación, de las causas e impactos de la degradación de los suelos por salinización, a través de la relación entre indicadores definidos mediante el modelo FPEIR (Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impactos y Respuestas).

1.1 FASE DE ZONIFICACIÓN

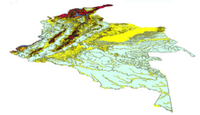
En esta fase se incluyen las etapas de planeación, preparación de campo, trabajo de campo y postcampo.

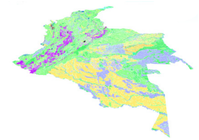
En la etapa de planeación se desarrollaron varias actividades que incluyen la definición de escala de trabajo, la cual corresponde a 1:100.000 para el área continental y 1:10.000 para el área insular de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y Tierra Bomba; la definición unidades de análisis, a partir de las unidades de suelos, sistemas de uso (definidas a partir de interpretación y análisis de la cobertura, del clima y del relieve) y chequeos de campo; la selección de variables, criterios y rangos para clasificar y calificar los procesos de degradación de suelos por salinización. Esta etapa incluye la adquisición y estructuración de la información secundaria necesaria, y finalmente, la elaboración del mapa preliminar de la zonificación de la línea base de degradación de suelos por salinización.

Información secundaria y procesamiento

Para la zonificación de los procesos de degradación de suelos por salinización se empleó información secundaria relacionada con la génesis de los suelos y los factores que intervienen en los procesos de degradación. Esta información fue tomada de los estudios generales de suelos departamentales que describe y analiza geográficamente las propiedades fisicoquímicas del suelo; a partir de esta información surge la necesidad de elaborar una base de datos que relaciona la información general, básica y de las propiedades químicas del suelo para determinar las características que se establecen en torno a los procesos de degradación de suelos por salinización.


Clima


Susceptibilidad a salinización


Suelos


Coberturas de la tierra


Ecosistemas


Relieve

Figura 20. ~Información cartográfica secundaria utilizada (Escala 1:100.000).
Fuente: Elaboración propia.

Barrenada, Paipa, Boyacá /2015 / Fredy Neira.

Fases, etapas y actividades



Figura 21. ~Fases, etapas y actividades de la línea base de degradación de suelos por salinización.
Fuente: Adaptado de Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017.

Clasificación de la salinización

En este estudio, se consideraron todos los procesos de salinización reportados y documentados en Colombia, considerando no solo la afectación de las sales a la agricultura, sino también las funciones y los servicios ecosistémicos que prestan los suelos y que se ven afectados por la salinización. La clasificación de la degradación de suelos por salinización se realizó de modo jerárquico en tres categorías: tipo, grado y clase, siguiendo los lineamientos del Ideam (Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017).

☼ Tipo de salinización

Se refiere al origen de la salinización, si es natural, antrópica o mixta. El origen natural considera los procesos que ocurren en la naturaleza y que favorecen la acumulación de sales en el suelo y la consecuente podegénesis salina como son los materiales parentales con altos contenidos de sales, el clima y las geoformas que favorecen la acumulación. El antrópico, se refierea los procesos de acumulación de sales por actividades humanas; como ejemplo: la fertilización, el riego, el drenaje, las quemas y cualquier otra actividad que implique la adición de sales a los suelos. El tipo de origen mixto considera los suelos que por material parental o podegénesis tiene sales y en los cuales se desarrolla alguna actividad antrópica que puede aumentar la acumulación de sales en los suelos.

Tipo	Descripción	Ejemplos
Natural	Las sales son generadas *in situ* por el material parental.	Salares, zonas de calizas, etc.
	Las sales provienen de otros lugares y son depositadas generalmente por sedimentación.	Manglares, zonas depositacionales, etc.
Antrópica	Las actividades realizadas por el hombre han ocasionado el aumento de sales en el suelo, provenientes de horizontes subsuperficiales, es decir, el mismo material parental o de procesos generados por obras como el drenado de tierras.	Riego o drenaje donde el cambio de nivel freático favorece el ascenso de sales. Tala y eliminación de cobertura vegetal, etc.
	Las sales provienen de otras fuentes, generalmente, de pozos muy profundos o son incorporadas al sistema a través de fertilización, desechos, residuos, etc.	Riego con aguas salinas de pozos profundos, contaminación industrial.

Tabla 11. ~Clasificación de tipo de salinización.
Fuente: Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017

☼ Grado de salinización

El grado indica el nivel o contenido de sales o iones en los suelos, en la fase líquida e intercambiables, o precipitados como sales. La medida de los contenidos de sales en la fase soluble se determina a partir de variables como la **conductividad eléctrica (CE)**, la **razón de absorción de sodio (RAS)** o el **porcentaje de sodio intercambiable (PSI)**, la **saturación de magnesio intercambiable (PMgI)** y las concentraciones de **carbonato de calcio equivalente ($CaCO_3$ eq)** y **yeso ($CaSO_4.2H_2O$)** son medidas de las concentraciones de sales en la fase intercambiable del suelo y de sales precipitadas. A partir de la relación de estas variables se establecen cinco grados de menor a mayor relación con la degradación de las funciones y servicios de los suelos:

Variables	Rangos	Calificación
PSI, RAS, CE, pH, SO_4	RAS≥13	Muy severo
	CE≥16 dS/m	
	CE≥4 y pH<4 y [SO_4]≥0,05 % o PSI≥15	
CE, PSI, PMgI, $CaCO_3$eq y $CaSO_4$*$2H_2O$	CE≥8 dS/m<16 dS/m	Severo
	PMgI≥40, PSI 10-15	
	[$CaCO_3$eq]≥10 %	
	[$CaSO_4$*$2H_2O$]≥15 %	
CE, PSI, PMgI, $CaCO_3$eq y $CaSO_4$*$2H_2O$	CE≥4 dS/m<8 dS/m	Moderado
	PMgI≥30<40, PSI 7,5-10	
	[$CaCO_3$eq]<10 %	
	[$CaSO_4$*$2H_2O$]<15 %	
CE o pH	CE≥2 dS/m<4 dS/m	Ligero
	pH ≥ 7,4	
CE	CE<2	Muy ligero

Tabla 12. ~Clasificación por grado de salinización.
Fuente: Adaptado de Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017.

☼ Clase de salinización

La clase de salinización como el tipo de sal o ion dominante en la solución del suelo o en el complejo de intercambio.

Variables	Criterio	Clase
CE (dS.m-1)	CE≥2	Salino
PSI RAS	RAS≥13 PSI≥15	Sódico
PMgI	PMgI≥30	Magnésico
$CaCO_3$ eq	$CaCO_3$eq≥2 %	Calcáreo
$CaSO_4$ *$2H_2O$	($CaSO_4$*$2H_2O$)>5 %	Gípsico
CE, pH y sulfatos [SO_4^{-2}]	pH<6 (horizonte orgánico) y SO_4>0,05 o S>2 %	Sulfatado ácido
pH	pH≥7,4 (solo si no se presenta ninguna de las anteriores condiciones)	Alcalino

Tabla 13. ~Clasificación de las clases de salinización.
Fuente: Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017.

Calificación de la salinización

La calificación de la degradación de suelos por salinización, se realizó con la información de análisis químicos de perfiles tomados de los estudios generales de suelos departamentales realizados por el IGAC, ponderadas hasta una profundidad de 75 cm o en su defecto hasta la profundidad del suelo.

Los criterios de calificación y clasificación para grado y clase se aplicaron en cada perfil y en todas las unidades cartográficas de suelo. Debido a que la mayoría de unidades de suelos de los estudios generales corresponden a asociaciones de más de un suelo por unidad. El perfil o los perfiles que sumando sus porcentajes de participación dentro de la unidad cartográfica de suelos supera el 40%, califica a la unidad.

Diseño muestral

Para determinar el número de puntos de muestreo necesarios para la validación y el ajuste del mapa preliminar se realizó un diseño muestral para un nivel de confianza (NC) del 95 % y un margen de error (E) del 5 %. El tamaño de la muestra se determinó teniendo en cuenta factores como el tamaño de la población, grado de confianza, error de la muestra, probabilidad que se produzca el evento de estudio; es decir, la susceptibilidad a la salinización, además de aspectos técnicos, logísticos, geográficos, costos, localización.

La población o universo (N) corresponde al área total del territorio colombiano que fue calificada con algún grado de susceptibilidad, excluyendo el área que pertenece a las unidades consideradas “no suelo”.

La determinación del **número de muestras** se realizó considerando los pesos relativos de cada nivel de susceptibilidad a la salinización. En este caso se relacionó el valor de probabilidad de que ocurra el evento (P) con el nivel de susceptibilidad. La siguiente tabla indica los valores probabilidad de ocurrencia (P) y la probabilidad de no ocurrencia (Q) para cada nivel de susceptibilidad a salinización.

Clase de susceptibilidad a salinización	P % de ocurrencia	Q % de no ocurrencia
Muy baja	5	95
Baja	15	85
Media	50	50
Alta	80	20
Muy alta	90	10

Tabla 14. ~Probabilidad de ocurrencia (P) y de no ocurrencia (Q) de salinización por nivel de susceptibilidad.
Fuente: Contrato 166 de 2017 (Ideam y U.D.C.A, 2017).

Los números de muestras que se requerirían para un NC del 95 % y un E de 5 %, obteniéndose un total de 1.037 muestras.

☼ Etapa de trabajos de campo

El trabajo de campo tuvo como objetivo principal: validar las delineaciones de la zonificación de referencia o preliminar, mediante recolección de información primaria, a través de recorridos de observación y puntos de muestreo de suelo. Adicionalmente, contribuyó a caracterizar cada una de las unidades de análisis, por medio de la aplicación de los formularios de campo, donde se describieron aspectos de localización, geomorfología, clima, uso y sistemas de uso, características de los suelos.

Para los muestreos se tuvieron en cuenta los datos de los dos diseños diseños elaborados en la fase anterior. Para el área continental indicó 1.037 muestras, de las cuales con los recursos humanos económicos y de tiempo se lograron levantar 735, y para el área insular el diseño probabilístico indicó 77 puntos de muestreo de suelos de los que fueron posibles obtener 58. La selección de los sitios de muestreo in situ en este caso fueron aleatorios pero dirigidos, esto debido a que la salinización es dinámica y se requiere conocimiento previo de los lugares donde se presentan los diferentes procesos de salinización y, además, localmente o en campo se procuró tomar las muestras de las zonas afectadas por salinización, pero representativas en la superficie de los suelos.

El excedente de puntos para cumplir con lo establecido en el diseño muestral, se completó con información secundaria, es decir la extraída de los estudios de suelos del IGAC, el mismo procedimiento se aplicó en las zonas donde por susceptibilidad Baja y Buy baja o por acceso complicado no se pudo muestrear.

El área hidrográfica Amazonas no presenta puntos de muestreo de información primaria (levantada en campo), ya que allí la susceptibilidad a la degradación de suelos por salinización es en su mayoría Baja a Muy baja.

Los trabajos de campo se realizaron durante el periodo 2015- 2017, en los departamentos del Tolima, Boyacá, Huila, Valle del Cauca, Risaralda, Quindío, Santander, César, Magdalena, Sucre, Córdoba, Antioquia, Cundinamarca, Meta, Casanare, Norte de Santander, y en el área insular de Colombia en el departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y en la isla de Tierra Bomba.

Etapa poscampo

La etapa de poscampo comprende el análisis en el laboratorio de las muestras levantadas en campo, la lectura e interpretación de los análisis de laboratorio, organización de las bases de datos de los muestreos de campo para posteriormente calificar el grado y la clase de salinización, y posteriormente ajustar las unidades calificadas preliminarmente, permitiendo la calificación final de la clasificación (tipo, grado y clase), la cual expresa el estado actual de la salinización (línea base).

Los análisis realizados a las muestras de suelo, contienen variables físicas y químicas, siendo determinantes para este proceso de degradación, las químicas entre ellas, la CE, el pH, las saturaciones de las bases, el contenido de sulfatos, carbonatos y cloruros..

El proceso de clasificación y calificación (tipo, grado y clase) se realizó para cada uno de los horizontes muestreados a partir de la información recolectada en campo para el caso del tipo y, con la información de las variables químicas de interés se calificó el grado y la clase.

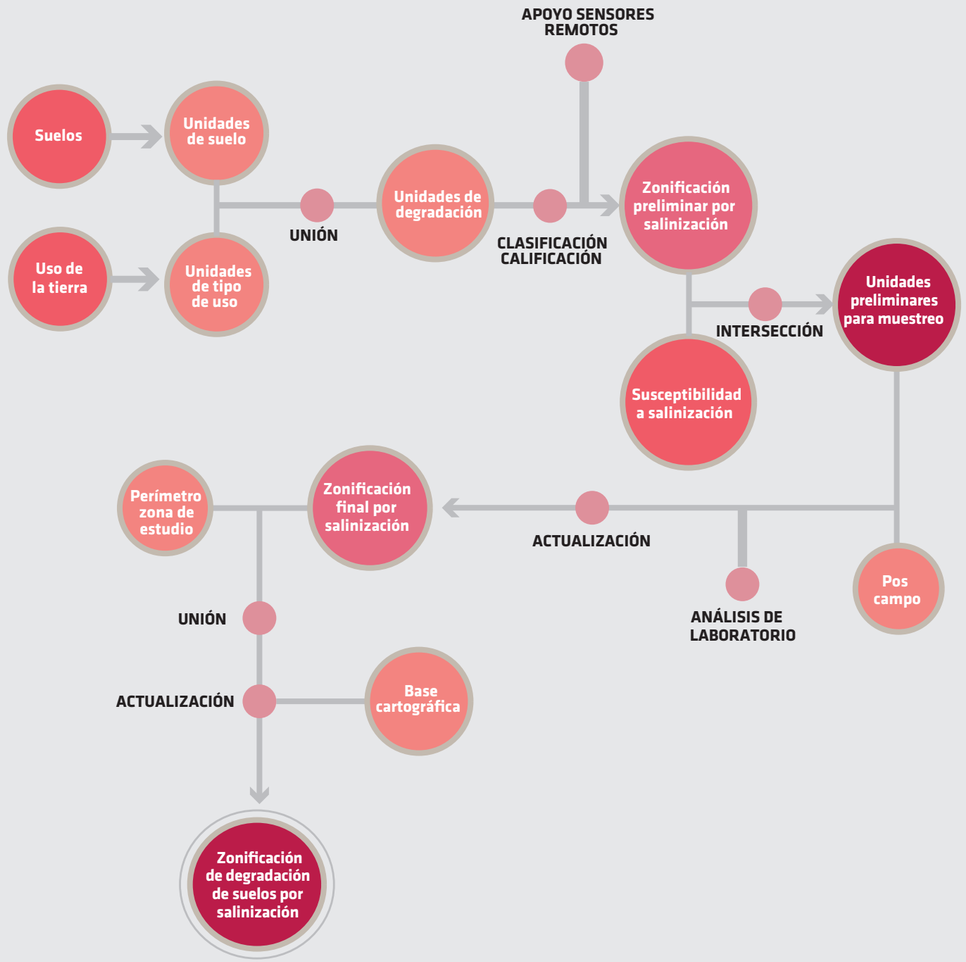


Figura 22. ~Modelo cartográfico para la elaboración de la zonificación final de degradación de suelos por salinización.
Fuente: Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017.

1.2 FASE DE CARACTERIZACIÓN

En esta fase se realizaron dos actividades principales, la delimitación de las unidades de análisis y la identificación de los actores institucionales y sociales.

- Delimitación de las unidades de análisis

Las unidades espaciales de análisis y de referencia son las unidades político-administrativas (departamentos y país), áreas hidrográficas y autoridades ambientales. No se consideran las autoridades ambientales urbanas, en la fase de análisis y evaluación, por no ser relevante para la escala cartográfica (1:100.000) de este estudio.

- Identificación de actores institucionales y sociales

En cada unidad de análisis se identificaron los municipios, provincias, instituciones relacionadas con la administración de los recursos naturales y del medio ambiente, gremios, centros de investigación y comunidades, los cuales se convocaron para la realización de talleres y conversatorios con el objeto de socializar el programa de seguimiento y monitoreo de la degradación de los suelos, la política para la gestión sostenible de los suelos y el proyecto de línea base de la degradación de suelos por salinización. Los talleres se orientaron a recoger información primaria sobre las fuerzas motrices y presiones, los impactos y respuestas.

Se realizaron 15 conversatorios con los actores sociales e institucionales de los departamentos de Boyacá, Sucre, Córdoba, Atlántico, Magdalena, La Guajira, Cesar, Valle del Cauca, Cauca, Cundinamarca y Nariño.

Se realizaron recorridos a estos departamentos predefinidos de acuerdo con el análisis de la información secundaria, para identificar fuentes de sales directas e indirectas, los procesos y los vectores de la salinización de los suelos y con ellos las variables que podrían caracterizar a los indicadores del modelo FPEIR.

1.3 FASE DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

En esta fase se realizó la identificación de los indicadores FPEIR a partir de la relación que existe entre el grado de salinización y las variables relevantes para el análisis y evaluación, las cuales se clasificaron por componente, para los indicadores de presión y de impacto.

- Indicadores de estado

A partir del indicador de "grado de degradación de la salinización de suelos" obtenido en la fase de zonificación, se estiman los índices de magnitud y severidad. Magnitud representa todos los suelos que calificaron desde Ligeros a Muy severos y Severidad los suelos con grados Severo y Muy severo.

- Indicadores de fuerzas motrices y presión

Los criterios de selección de las variables de los indicadores de fuerzas motrices y presión, fueron: la oficialidad de las fuentes de la información, la escala de la información a nivel nacional y la hipótesis planteada en cuanto a la relación entre la variable y el proceso de degradación de suelos por salinización, y el grado de incidencia, directa o no, en el proceso de salinización. Las variables seleccionadas como fuerzas motrices son:

- **Componente ambiental:** clima seco, precipitación (disminución de la precipitación), temperatura (aumento de temperatura)
- **Amenazas naturales:** susceptibilidad a inundación
- **Socioeconómicos:** Distritos de adecuación de tierras, sistemas agrícolas, sistemas ganaderos, conflictos de uso (sobreutilización), Zonas definidas como áreas de exploración por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).

- Indicadores de impacto

A partir de hipótesis sobre los impactos generados y el conocimiento de los sectores afectados por los procesos de degradación de suelos por salinización, y teniendo en cuenta la información espacial oficial y disponible, se seleccionaron las siguientes variables como indicadores de impacto:

- **Ambiental:** Ecosistemas, biomas, zonas de conservación.
- **Socioeconómico:** Frontera agrícola, vocación agrícola, vocación ganadera, aptitud para cultivos (maíz, papa, papaya, arroz, cebolla de bulbo), aptitud forestal y zonas de interés para el desarrollo rural económico y social (Zidres).
- **Infraestructura:** Concesiones férreas y viales.



Taller de la CAR. Chiquinquira, Boyacá / Archivo Ideam.


Trabajo de campo / Valle del Cauca / Paula Helena Hernández, 2017.


Conversatorio en la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). / Carlos Gómez, 2017.

2. RESULTADOS

ZONIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN

La zonificación de la línea base de degradación de suelos por salinización se realizó para Colombia a escala 1:100.000 y para el área insular a escala 1:10.000. Los resultados se presentan siguiendo los lineamientos del Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización (Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017) en términos de tipo, grado y clase.

La línea base, además de indicar el estado actual con referencia al periodo 2015-2017, se constituye en la primera aproximación para el país, en la cual se reconoce que los procesos de salinización actuales son también generados por actividades antrópicas derivadas de diferentes usos en parte.

La zonificación se constituye en la base para que las unidades administrativas tanto departamentales como ambientales (corporaciones o autoridades ambientales) tomen como referencia el estado de los procesos de salinización y ajusten su línea base a escala regional y local e inicien sus planes, programas y proyectos para detener, mitigar y recuperar suelos salinos. Los resultados se indican además por área hidrográfica, departamento y autoridades o corporaciones ambientales regionales.

2.1 ANÁLISIS NACIONAL

El análisis nacional incluye el área continental y las zonas insulares de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y Tierra Bomba. En este capítulo se describen el tipo, grado y clase de salinización de suelos determinado siguiendo los lineamientos del "Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de tierras por salinización" (Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017). El estado de la salinización de suelos se realizó para los dos primeros horizontes, hasta una profundidad de 75 cm.

Colombia presenta procesos de salinización de los suelos de tipo natural en un 7,9 % del país; sin embargo, de este porcentaje, una parte está afectada por actividades antrópicas por lo cual se consideran como procesos mixtos de salinización, quedando un porcentaje neto natural de 4,3 % y mixto de 3,6 % de la superficie total. Se estima, a escala nacional que un 3,7 % de los suelos del país presentan procesos de salinización por actividades antrópicas exclusivamente.

Los principales procesos naturales se deben a condiciones climáticas secas y a materiales parentales ricos entre ellos en magnesio, calcio y sodio, como es el caso de las áreas hidrográficas Caribe y Magdalena-Cauca. También se presentan procesos de tipo natural en la zona del Pacífico por influencia marina y materiales parentales ricos en sulfatos. Cuando los procesos son de origen natural, aunque se han clasificado algunos, estos se ven reflejado en su clasificación taxonómica, a nivel de suborden, gran grupo o incluso subgrupo (Natric- Calcic- Sufic, etc.), en otros casos, por contenido de magnesio o suelos alcalinos no se presentan en su nombre taxonómico, por ello esta clasificación se ha obtenido con base en los datos de los análisis de suelos (porcentaje de saturación de magnesio o pH).



Medición de pH en campo. 2016 / Paula Milena Hernández Marroquín.

Suelos sulfatados ácidos. Paipa, Boyacá / 2015 / Fredy Neira.



Ejemplo de salinización natural: formación de concreciones de carbonatos. Sincelejo, Sucre / 2016 / Fredy Neira.

Los principales procesos de tipo antrópico en Colombia están relacionados con el uso y manejo de los suelos, en especial, con prácticas como riego, drenaje, fertilización y aplicación de enmiendas favorecen la acumulación de sales.

También otras actividades como vertimientos de materiales ricos en sales, minería, industria y exploraciones petroleras inciden en la salinización; sin embargo, muchas de estas prácticas –por ser puntuales– no han sido estudiadas en la espacialización.



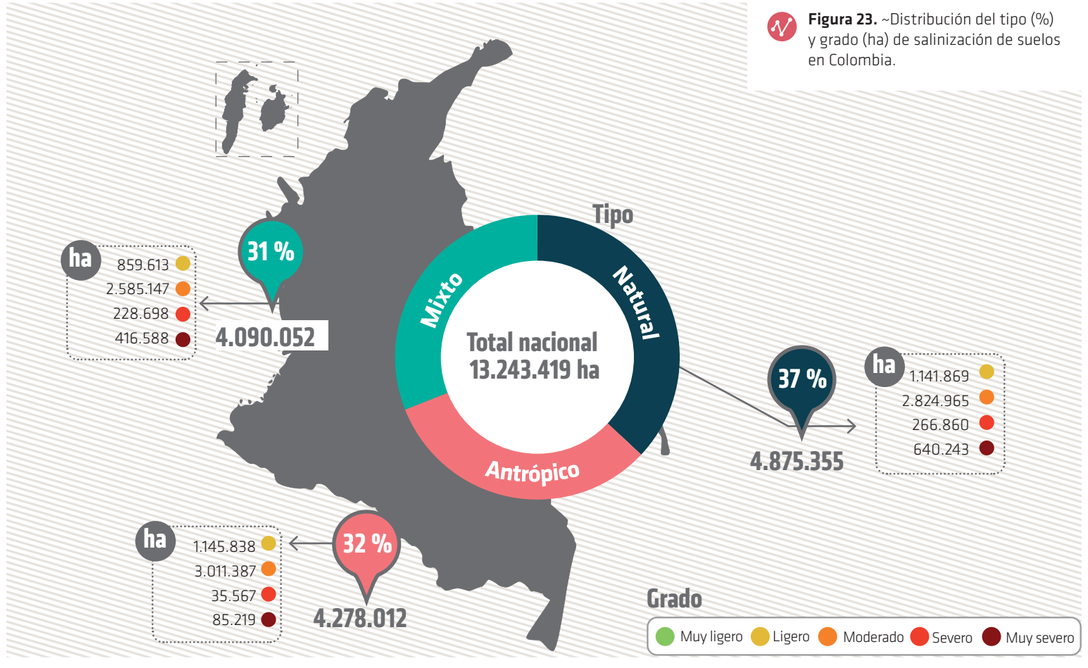
Salinización de tipo antrópica por uso de fertilizantes y aumento de temperatura. Sutamarchán, Boyacá / 2015 / Fredy Neira.



Ejemplo de salinización de tipo mixto: materiales parentales ricos en sales, clima cálido y actividades que favorecen salinización. Roldanillo, Valle del Cauca / 2017 / Fredy Neira.

Los tipos de salinización mixta corresponden a suelos con condiciones naturales tales como clima, material parental o procesos pedogenéticos (es decir asociados a la formación de los suelos), que a su vez reciben aportes de sales por actividades directas o indirectas antrópicas. Además de las mencionadas para el tipo antrópico, el cambio climático también se considera un efecto de actividades antrópicas indirectas.

Figura 23. ~Distribución del tipo (%) y grado (ha) de salinización de suelos en Colombia.



Se estima que el 11,6 % del país presenta algún grado de salinización, este porcentaje está distribuido así: 2,8 % de los suelos del país en grado ligero (3.147.320 ha); 7,4 % con grado moderado (8.421.500 ha); 0,5 % con grado severo (531.124 ha) y 1,0 % con grado muy severo (1.142.051 ha). El 86,4 % no presenta problemas por salinización, porque corresponde al grado muy ligero (98.566.941 ha). El 2 % restante se refiere a zonas sin suelo (cuerpos de aguas, zonas urbanas, etc.). La distribución del área por tipo y grado de salinización para Colombia de salinización se indica en la Tabla 15. La figura siguiente muestra la distribución del grado de salinización en Colombia.

Además Colombia presenta diversidad de salinización. En algunos casos los suelos tienen solo una clase, pero en la mayoría son mixtos, con más de dos clases al mismo tiempo. Las clases de suelos con estos procesos son magnésica, 58 % de los suelos; seguida de suelos mixtos con problemas de conductividad eléctrica alta, sodio, calcio y magnesio altos, estos abarcan el 13,1 %. La clase alcalina, con 6,8 %; la calcárea con 5,4 % y la salina con 4,8 %. La distribución de las clases de salinización por grado en el país se indica en la siguiente tabla.

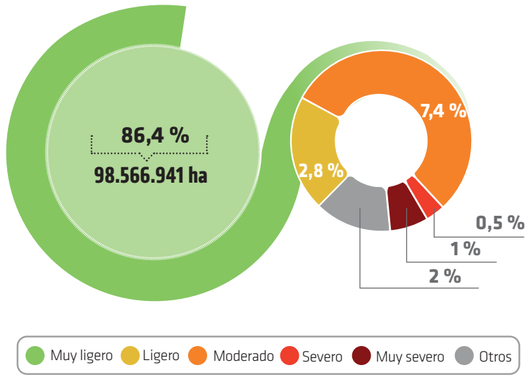


Figura 24. ~Distribución del grado de salinización en el área continental de Colombia (en %)
Fuente: Elaboración propia.

Clase	Grado de degradación por salinización (ha)				Total	%
	Ligero	Moderado	Severo	Muy Severo	Clase (ha)	de clase
Alcalino	847.830	50.769	113	233	898.945	6,8
Alcalino-calcáreo	57.295				57.295	0,4
Calcáreo	4.251	681.309	6.401	23.416	715.378	5,4
Magnésico	1.358.962	6.255.894	47.210	13.681	7.675.746	58,0
Magnésico-calcáreo		26.728	520		27.248	0,2
Salino	382.671	247.899	109	2.736	633.414	4,9
Salino-calcáreo		149.185	939		150.124	1,1
Salino-sódico	12.073	30.566	251.411	84.953	379.003	2,9
Salino-sódico-magnésico/ Calcáreo	7.721	213.352	360.542	53.487	635.102	4,8
Sódico	475.253	150.247	97.623	20.031	743.154	5,6
Sódico-magnésico	1.264	575.407	184.640	333.542	1.094.853	8,3
Sódico-magnésico-sulfatado ácido		30.335	186.881		217.216	1,6
Sulfatado ácido		9.809	4.708		14.517	0,1

Tabla 15. ~Distribución de la clase de salinización nacional (ha).
Fuente: Elaboración propia.

El grado de salinización muy severo, considerado el más crítico abarca 1.141.096 ha (1,0 %) está distribuido con mayor presencia en los departamentos de Magdalena, La Guajira, Nariño, Valle del Cauca y Cesar. Sus principales condiciones son climáticas y edafogenéticas, aceleradas en algunos casos por los usos del suelo. Las áreas calificadas bajo este grado corresponden a las salino-sódico-calcáreo/magnésico, salino-sódico, sódico, sódico-magnésico y calcáreo como las más representativas.

Las zonas con grado de salinidad severo corresponden al 0,5 % (531.124 ha). Se encuentran distribuidas con mayor presencia en los departamentos de La Guajira, Valle del Cauca, Cundinamarca, Bolívar y Magdalena, las más representativas corresponden principalmente a las clases salino-sódico-magnésico/calcáreo, salino-sódico, sódico-magnésico-sulfatado ácido, sódico-magnésico, sódico y magnésico.

El 7,4 % (8.420.752 ha) de los suelos del área continental de Colombia presentan un grado de salinidad moderado, están distribuidos con mayor presencia en los departamentos de Antioquia, La Guajira, Magdalena y Tolima. Se presentan casi todas las clases de salinización, predominan las clases magnésica, calcárea y sódico-magnésica.

Las zonas menos críticas, pero con ocurrencia de procesos de salinización, en grado ligero, abarcan el 2,8 % (3.147.200 ha), dentro de estas se encuentran los departamentos de Córdoba, Bolivar, Cesar, Sucre y Santander. La mayor parte corresponde a las clases magnésica, alcalina, sódica y salina.

Los grados ligero y moderado se consideran de importancia ya que estos pueden aumentar de grado, especialmente, donde las actividades antrópicas están directa e indirectamente asociadas al aumento de salinización, es decir el 10,2 % de los suelos del país requiere prácticas de manejo sostenibles que impidan su aumento. Mientras que las clases severo y muy severo (1,5 % del país) ya se consideran zonas en las cuales se debe hacer control y rehabilitación para el grado severo y adaptación para el muy severo.



Grado ligero alcalino. Simijaca, Boyacá / 2015 /Fredy Neira.



Grado moderado_Jerusalén, Cundinamarca / 2017 / Fredy Neira.

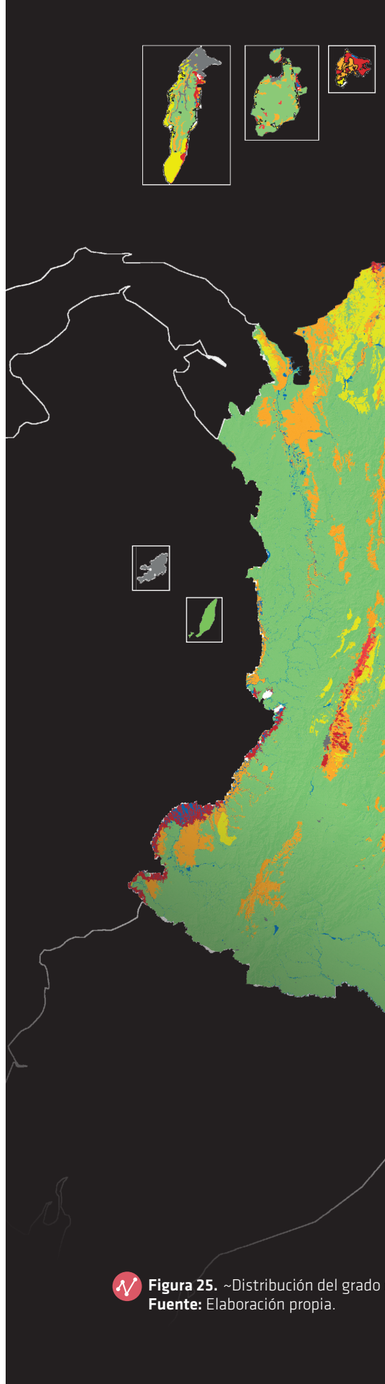


Grado severo de salinización, Manatí, Atlántico. 2019 / Fredy Neira.



Grado muy severo de salinización. Paipa, Boyacá / 2015 / Fredy Neira.

Mapa de zonificación, de la degradación de suelos por salinización



Grados de degradación

Muy ligero
98.566.941 ha / 86,4 %

No hay degradación de suelos por salinización en condiciones actuales y a escala nacional.

Ligero
3.147.320 ha / 2,8 %

Se presenta alguna evidencia de salinización. Los contenidos de sales valores de CE, PSI, pH, Ca, Mg, $CaCO_3$, sulfatos, etc., son bajos, pero existe la posibilidad de que sin un manejo adecuado avancen a grados moderados de salinización. Las afectaciones son parciales y temporales.

Moderado
8.421.500 ha / 7,4 %

Los contenidos de sales ya indican limitaciones o afectaciones en las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos. Aún son manejables pero un manejo inadecuado podría –fácilmente y en corto tiempo– inducir a aumento a grado a severo. Son considerados los más críticos en términos de salud y calidad de suelos pues serían los más frágiles para aumentar a un grado mayor.

Severo
531.124 ha / 0,5 %

Los suelos ya presentan niveles de sales altos y los contenidos de sales afectan las funciones y servicios ecosistémicos constantemente. Requieren medidas de manejo de adecuación y rehabilitación. Normalmente son zonas de difícil y costosa recuperación.

Muy severo
1.142.051 ha / 1 %

Los suelos presentan los niveles más críticos de salinización, ya sus funciones y servicios ambientales se han afectado, por ello se requieren medidas de adaptación. La degradación es en algunos casos irreversible.

Figura 25. ~Distribución del grado de salinización de suelos en Colombia.
Fuente: Elaboración propia.

Magnitud y severidad de la salinización

La magnitud y severidad se proponen como indicadores de estado de degradación de suelos por salinización. La magnitud se define como las áreas que presentan algún grado de salinización, de ligero a muy severo. Este indicador dimensiona el estado nacional de la problemática de salinización. Con respecto a la severidad, esta se define como las áreas con los grados más críticos de salinización: severo y muy severo. Este indicador identifica y prioriza las zonas más críticas en términos de degradación de las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos.

En la siguiente figura se indica el estado de magnitud y severidad. Como estado de línea base 2016-2017, la magnitud de salinización en Colombia es de 11,6 %, (13.243.419 ha) y la severidad de la salinización es del 1,5 %, que corresponde a 1.673.175 ha.

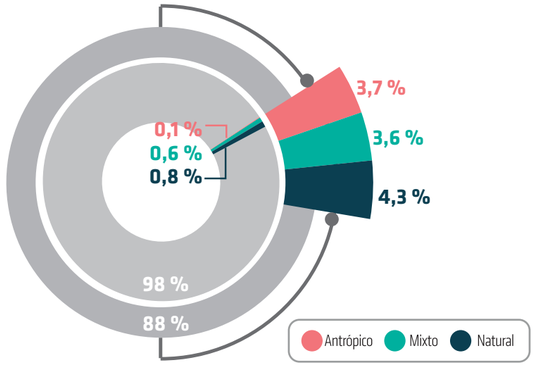


Figura 26. ~Distribución del tipo de salinización en Colombia.
Fuente: Elaboración propia.

2.2 ÁREAS HIDROGRÁFICAS

Las tres áreas hidrográficas (AH) en donde se presentan en mayor proporción procesos de salinización son: Caribe, Magdalena-Cauca y Pacífico. El área hidrográfica Orinoco presenta una pequeña zona con procesos de salinización y el Amazonas una mucho más pequeña.

El AH Magdalena-Cauca se considera la más crítica en cuanto a procesos de salinización, con un total de 7.819.024 ha, lo que presenta un 23 % de su superficie. El AH Caribe presenta unas 4.193.926 ha con procesos de salinización, equivalente a un 41 % de sus suelos. En el AH Pacífico se estima un 4 % de sus suelos con procesos de salinización (1.094.091 ha). En el AH de la Orinoquia se estima un 0,4 % de procesos de salinización y en la Amazonía, no se evidenció el proceso a escala 1:000.000.

En cuanto a grado de salinización, el AH Magdalena-Cauca presenta 609.957 ha con grado muy severo, que corresponde al 2,6 % de sus suelos; 141.562 ha en grado severo (0,52 % del AH), 5.147.809 ha en Moderado (19 %) y 1.919.696 ha con grado Ligero (7,1 %). En el AH Magdalena-Cauca los procesos de salinización se concentran en los valles interandinos y en algunas zonas de los altiplanos, principalmente.

El AH Caribe presenta 291.195 ha con grado muy severo (2,8 % de sus suelos), 383.168 ha con grado severo (3,7 %), 2.528.204 ha con grado moderado (24,6 %) y 991.359 ha con grado ligero (9,6 %). En el AH Caribe se observa que la mayor parte de suelos con grados ligero a muy severo se encuentran localizados en las zonas de confluencia con el Mar Caribe, la zona más crítica y casi en su totalidad en la península de La Guajira. El norte de los departamentos del Chocó y Antioquia también presentan grados de salinización críticos, así como las áreas correspondientes a los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar y Atlántico.

En cuanto al AH Pacífico presenta unas 237.052 ha con grado muy severo; se estiman cerca de 5.000 ha con grado severo; unas 710.338 ha de sus suelos presentan grado moderado y 141.710 ha con grado ligero. Para el AH del Pacífico, las zonas más críticas corresponden a la parte costera hacia el sur, en el departamento de Nariño, y a la zona costera de los departamentos del Cauca y Valle del Cauca.

Con respecto al AH Orinoco y Amazonas presentan menos del 1 % de sus suelos con procesos de salinización, principalmente de ligero a moderado, en pequeñas áreas en los piedemontes. Las condiciones por las cuales estos suelos no presentan procesos de salinización son edafogenéticos, esto es, debido a los ambientes de formación de suelos que indican suelos muy evolucionados, con procesos de lavados de muy marcados de manera especial. Sin embargo, se considera también que la escala de trabajo es muy general en estas zonas para identificar procesos de salinización.

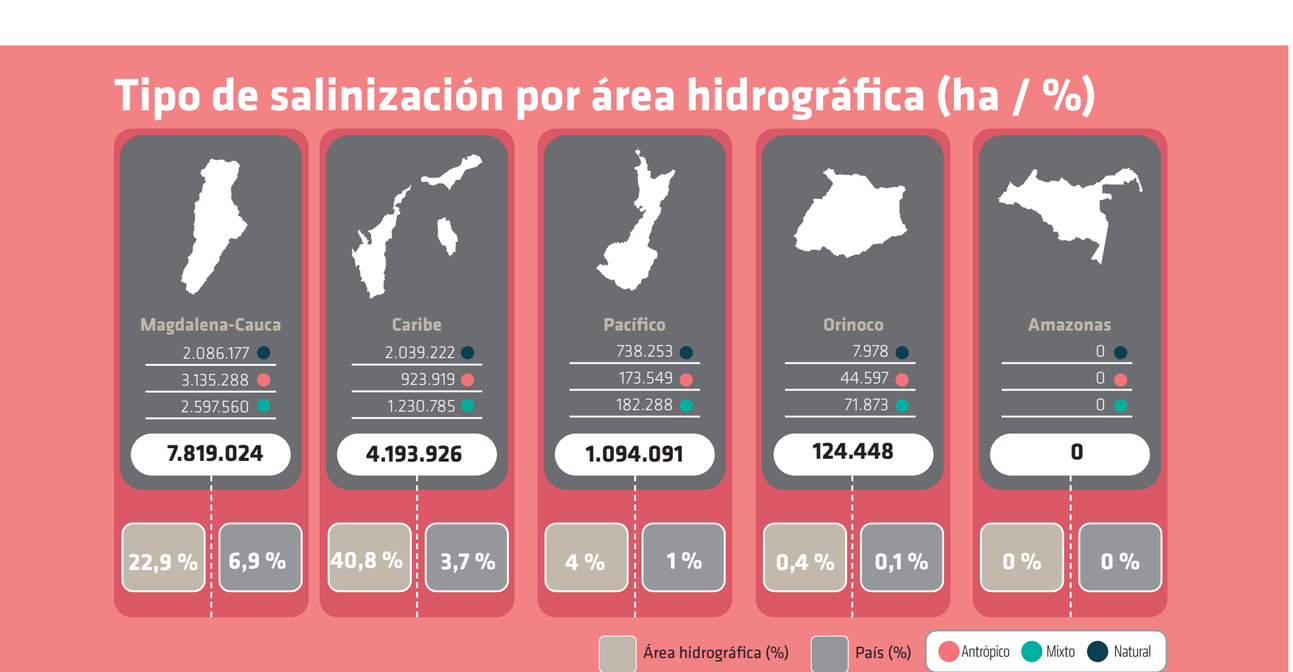


Figura 27. ~Distribución del tipo de salinización por Área Hidrográfica (ha).
Fuente: Elaboración propia.

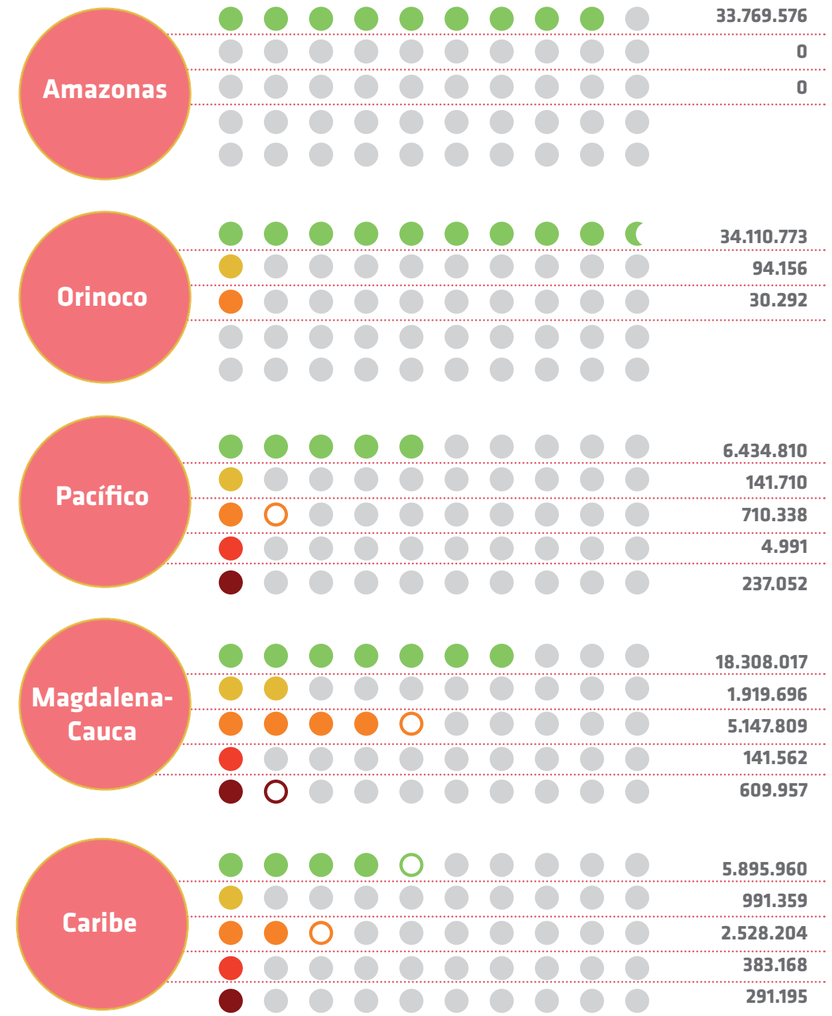


Figura 28. Distribución del grado de salinidad por área hidrográfica (en ha).
Fuente: Elaboración propia.

Caribe
4.193.926 ha **/ 40,8 %**
674.363 ha **/ 6,6 %**

Magdalena-Cauca
7.819.024 ha **/ 28,8 %**
751.519 ha **/ 2,8 %**

Orinoco
124.447 ha **/ 0,4 %**

Pacífico
1.094.091 ha **/ 14,2 %**
242.043 ha **/ 3,1 %**

Amazonas
0 ha **/ 0 %**

Las áreas hidrográficas más afectadas son el Magdalena –Cauca, Caribe y Pacífico, por su magnitud y severidad en su orden por hectáreas. Sin embargo, en términos de porcentaje, el AH Caribe presenta mayor superficie de su área afectada. El AH Orinoco presentan también procesos de salinización, aunque en grado Ligero. En el AH Amazonas no se identificaron procesos de salinización a esta escala.

Figura 29. ~Magnitud y severidad de la salinización por área hidrográfica. Magnitud Severidad

Río Cauca, Antioquia / 2018 / Fredy Neira.

Clases de salinización por área hidrográfica

La tabla siguiente muestra la distribución de las clases de salinización por Área Hidrográfica. En esta se observa que las AH Caribe, Magdalena-Cauca y Pacífico presentan la mayor diversidad en cuanto a clases de salinización, tanto simples como mixtas.

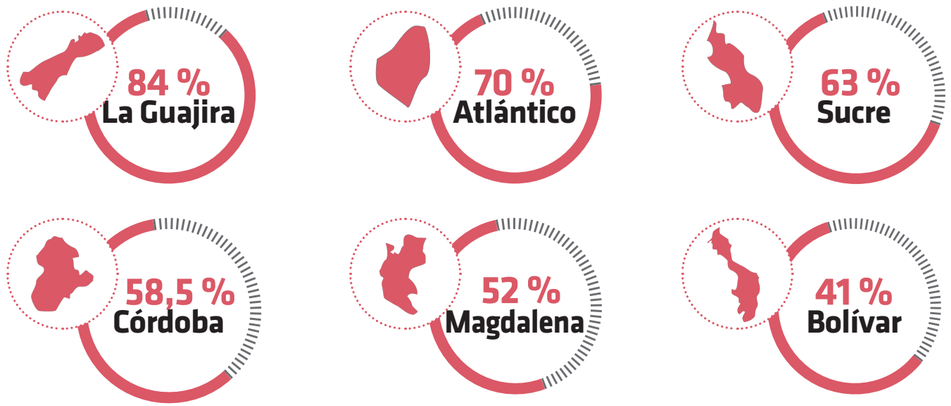
Clase	ÁREA HIDROGRÁFICA				
	Amazonas	Caribe	Magdalena-Cauca	Orinoco	Pacífico
Alcalino		57.610	832.776	6.905	1.598
Calcáreo		17.797	676.193	6.268	14.377
Magnésico		3.041.867	3.938.822	23.291	669.521
Magnésico-calcáreo		23.198	520		3.457
Salino		98.444	438.573	22.325	72.790
Salino-calcáreo		30.269	119.855		
Salino-sódico		70.070	305.020	733	2.530
Salino-sódico-magnésico/calcáreo		241.480	392.600		
Sódico		120.715	547.422	64.927	67.379
Sódico-magnésico		460.304	564.276		68.231
Sódico-magnésico-sulfatado ácido		24.338			190.496
Sulfatado ácido		7.835	2.970		3.712

Tabla 16. ~Distribución de las clases de salinidad por área hidrográfica (ha).
Fuente: Elaboración propia.

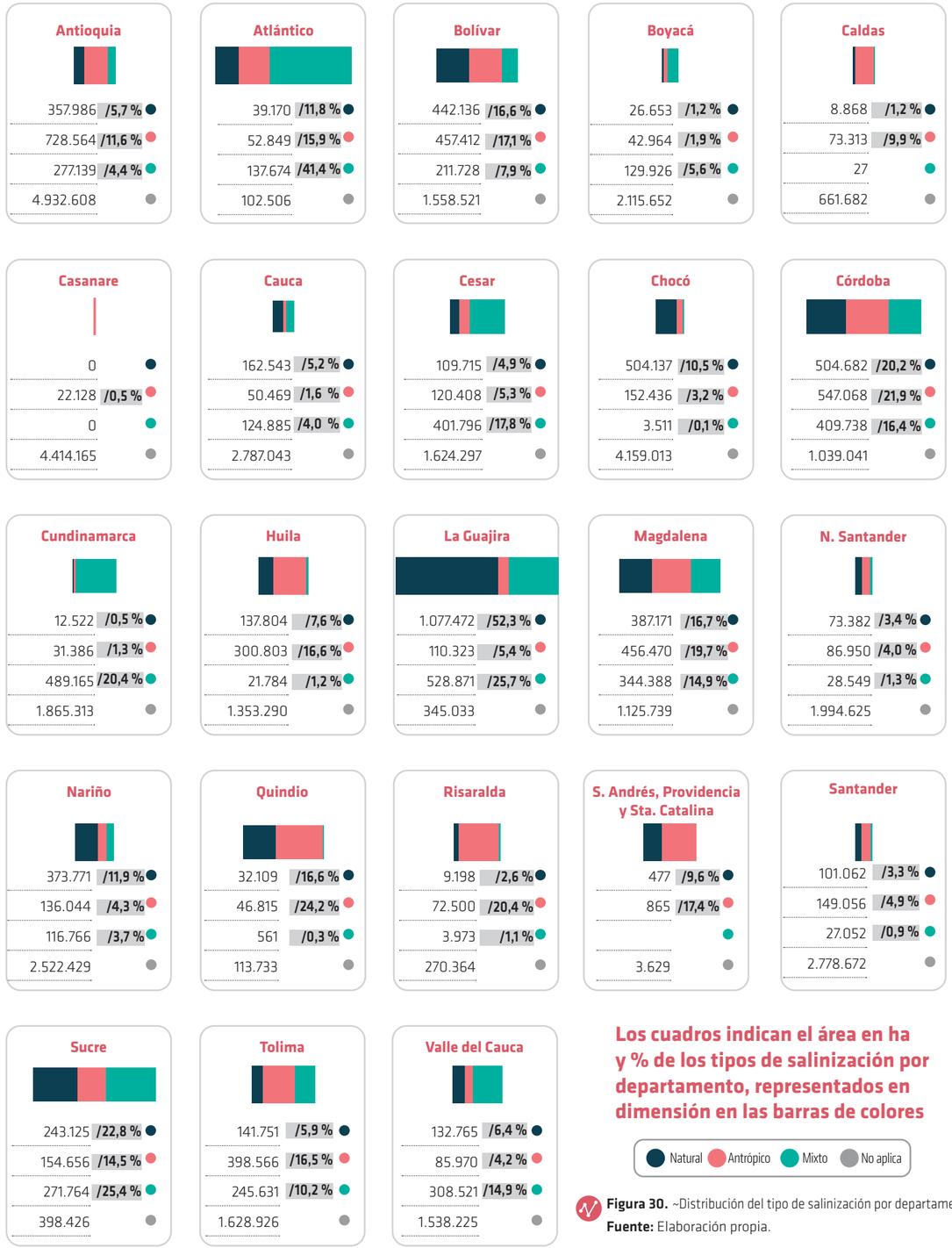
2.3 DEPARTAMENTOS

En general la mayor parte de los departamentos del país presentan algún grado de salinización de los suelos, ya sea por origen natural, antrópico o mixto, excepto los departamentos de Amazonas, Arauca, Caquetá, Guainía, Putumayo, Vaupés y Vichada.

Los departamentos que más presentan procesos de salinización son: La Guajira, con un 84 % de su superficie afectada, el Atlántico con el 70 %, Sucre con 63 %, Córdoba con 58,5 %, Magdalena con 52 % y Bolívar con 41 %. La siguiente tabla muestra la distribución del tipo de salinización por departamento, en hectáreas (solo se indican los departamentos en donde se identificaron procesos de salinización a escala nacional). La gráfica siguiente indica la distribución del tipo en relación con el área departamental (%).



Tipo de salinización por departamento (ha / %)



Los cuadros indican el área en ha y % de los tipos de salinización por departamento, representados en dimensión en las barras de colores

Natural Antrópico Mixto No aplica

Figura 30. ~Distribución del tipo de salinización por departamento.
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico representa la distribución de los grados con susceptibilidad en porcentaje del departamento.

La tabla indica la distribución del grado de salinización por departamento, en hectáreas

	Departamento	Muy ligero	Ligero	Moderado	Severo	Muy severo
1	La Guajira	327.555	1.265	1.078.573	371.995	264.833
2	Atlántico	62.053	43.499	150.152	7.125	28.918
3	Sucre	300.830	182.215	479.571		7.759
4	Córdoba	980.004	1.058.235	387.292	8.337	7.624
5	Magdalena	935.879	124.300	782.483	13.488	267.756
6	Bolívar	1.303.847	670.478	360.585	24.673	55.540
7	Quindío	110.017	48.155	31.329		
8	Tolima	1.597.465	22.297	738.348		25.302
9	Nariño	1.976.279	2.027	440.581	2.929	181.043
10	Cesar	1.556.050	186.355	332.982		112.583
11	S. Andrés, P. y S. C.	2.707	583	503	45	212
12	Valle del Cauca	1.483.252	108.397	229.357	69.526	119.975
13	Huila	1.331.218	484	436.596	178	23.132
14	Risaralda	264.533	6.386	79.285		
15	Cundinamarca	1.784.467	46.800	441.461	28.482	16.331
16	Antioquia	4.820.600	144.737	1.214.605	4.346	
17	Chocó	4.050.660	103.353	556.731		
18	Cauca	2.748.847	68.871	263.189		5.838
19	Caldas	650.181	70	82.137		
20	Santander	2.713.657	157.295	119.874		
21	Boyacá	2.089.523	142.932	32.362		24.250
22	Norte de Santander	2.427.331	6.340	182.541		
23	Casanare	4.342.118	22.128			

Tabla 17. ~Distribución del grado de salinización por departamento (ha).
Fuente: Elaboración propia.

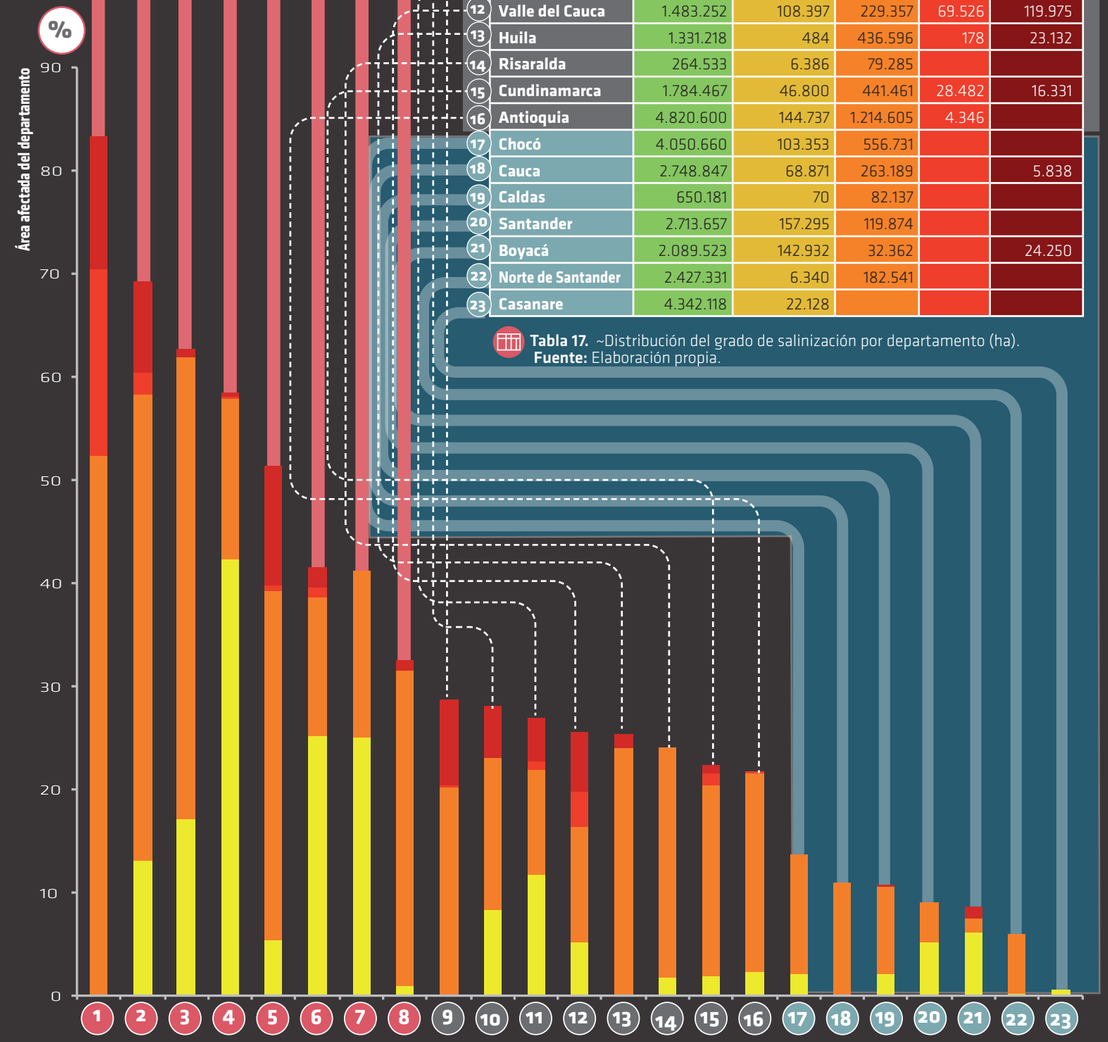


Figura 31. ~Distribución del grado de salinización de suelos por departamento (%).
Fuente: Elaboración propia.

Magnitud y severidad por departamentos

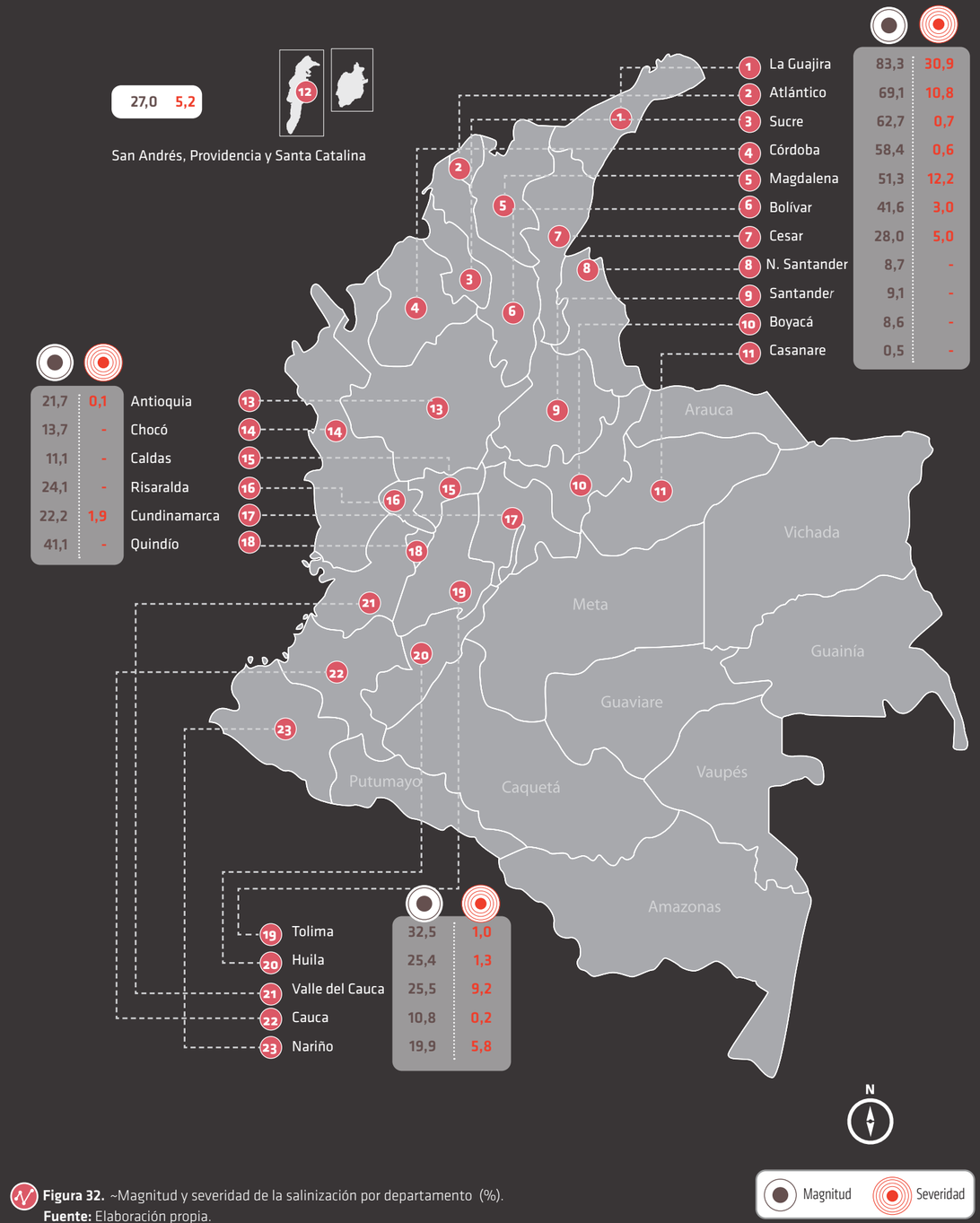


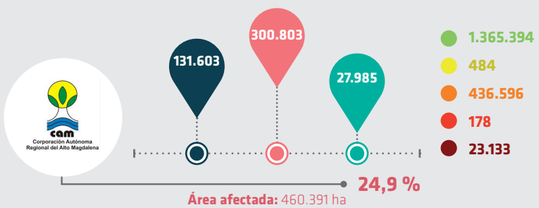
Figura 32. ~Magnitud y severidad de la salinización por departamento (%).
Fuente: Elaboración propia.

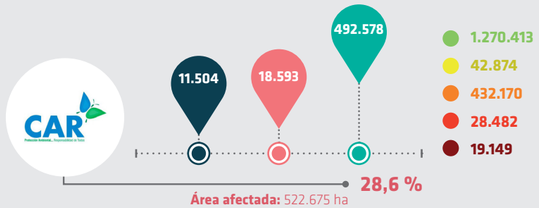
2.4 AUTORIDADES AMBIENTALES

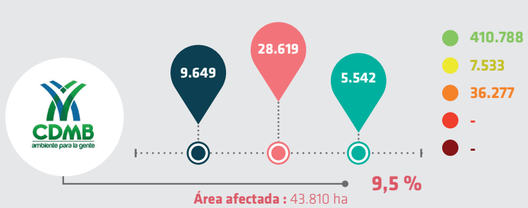
La mayor parte de las autoridades ambientales (AA) presentan procesos de salinización, excepto la CDA, Corpoamazonia y Cormacarena. Las AA con mayor porcentaje de su jurisdicción con procesos de salinización son: Corpoguajira, con un 83 %, Carsucre con 77 %, Cardique con 71 %, la CRA con 70 %, la CVS (Corporación de los Valles de Sinú y San Jorge) con 58 %, Corpamag con 51 %, y Corpomojana con 49 %. En cuanto a extensión, Corpoguajira presenta 1.716.666 ha con procesos de salinización, seguido de la CVS con 1.461.488 ha, Corpamag con 1.185.943 ha, Cortolima con 785.947 ha y Codechocó con 660.084 ha. Otras AA con más de 500.000 ha de suelos con procesos de salinización son: Corpocesar, Corponariño, Corantioquia, la CSB, Corpourabá, CVC, CAR y Cardique.

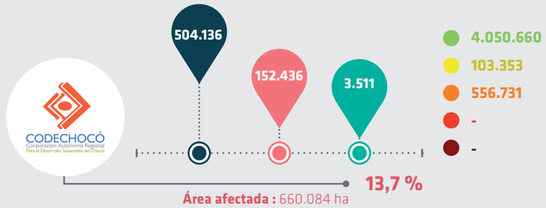
Además, las AA con mayor porcentaje de los suelos de su jurisdicción con procesos de salinización en grados más críticos (de Moderado a Muy severo) son: Corpoguajira, Carsucre y Cardique con 71 %, la CRA, Corpamag, Corpomojana y Cortolima. Otras Corporaciones con porcentajes considerables de grados –Moderado a Muy severo– son CAR, Corpocesar, Coralina, CVC, CAM, CVS y Corpornariño. Corpourabá, Carder, Corantioquia, Cornare, Codechocó, Corpocaldas, CRC y CDMB con más de 10 % de su jurisdicción con grado de salinización moderado. Asimismo, Corpoboyacá presenta con grados Severo y Muy severo, aunque con un área reducida.

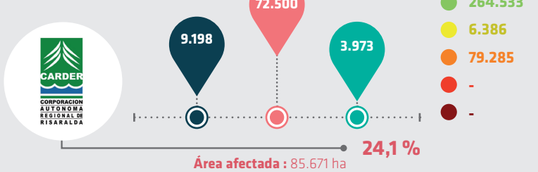
Tipo de salinización por autoridad ambiental (ha / %)









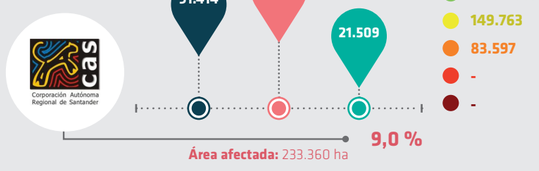




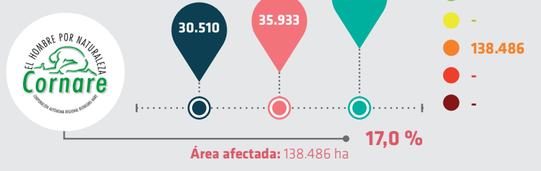




















Tipo de salinización por AA: Natural, Antrópico, Mixto

Grado de salinización por AA: Muy baja, Baja, Media, Alta, Muy alta



Figura 33. Distribución del tipo y grado de salinización por Autoridad Ambiental (AA) en hectáreas.
Fuente: Elaboración propia.

Magnitud y severidad por autoridad ambiental



Figura 34. ~Magnitud y severidad de la salinización por autoridad ambiental (%).
Fuente: Elaboración propia.

SELECCIÓN DE INDICADORES

Para ser un agricultor exitoso, primero se debe conocer la naturaleza del suelo
Jenofonte

En esta fase se presentan los indicadores seleccionados para el análisis y evaluación de la degradación de suelos por salinización que indican causas como presiones y fuerzas motrices y las consecuencias o impactos que los procesos de salinización pueden generar. Los indicadores para la línea base de degradación de suelos por salinización a escala nacional se obtuvieron a partir del cruce de información oficial disponible que permita el análisis geográfico.

Las causas y las consecuencias de la degradación por salinización son múltiples y complejas. Como propuesta para el monitoreo y seguimiento a los procesos de degradación de suelos y al seguimiento de las respuestas o actividades para mitigar y detener estos procesos se proponen algunos indicadores con información nacional y oficial disponible.

2.5 FUERZAS MOTRICES O CAUSAS INDIRECTAS

Las fuerzas motrices son las que inciden indirectamente en la formación o acumulación de sales. Las principales fuerzas motrices naturales son el clima y el tipo de suelos. También existen fuerzas motrices antrópicas o sociales como la falta de planes o proyectos agropecuarios o de desarrollo adecuados a la oferta ambiental del territorio, actividades como talas o quemas que inician estos procesos o dan pie para que ellos se formen o se aceleren posteriormente.

Clima como fuerza motriz de la salinización

El clima es la principal fuerza motriz natural para que se produzca salinización en los suelos. Los climas secos, con precipitaciones bajas o periodos de sequía prolongados y altas evapotranspiraciones favorecen la acumulación de sales en los suelos. Adicionalmente, la variabilidad y el cambio climático, en especial en zonas donde las precipitaciones tienden a disminuir o las temperaturas tienden a aumentar favorecen procesos de acumulación de sales en suelos. Por lo que se evalúa el clima actual y el clima potencial basado en los escenarios de aumentos de temperaturas o disminuciones de precipitación.

Colombia presenta diversidad de climas en términos de pisos térmicos y provincias de humedad. Con base en la clasificación climática de Caldas-Lang (Ideam, 2017) se analizan las provincias de humedad de los ecosistemas y la relación con la magnitud y severidad de la salinización. En cuanto a variabilidad climática, con base en escenarios de cambio climáticos de la tercera comunicación modelados para el periodo 2011-2040, que serían los efectos a corto plazo, se evalúa la salinización con respecto a disminución de las precipitaciones y al aumento de las temperaturas.

Inundación

Las inundaciones contribuyen igualmente en procesos de salinización de suelos ya sea porque aportan sedimentos y sales o porque al estar saturados los suelos, si hay horizontes salinos subsuperficiales, las sales ascienden por ósmosis.

2.6 PRESIONES O CAUSAS DIRECTAS

Presiones por distritos de adecuación de tierras

Los distritos de adecuación de tierra tienen varios efectos directos sobre la salinización: El primero, ya que estos son generalmente construidos en zonas de déficit de humedad, es decir, zonas secas y en ellas se presentan normalmente acumulación de sales en horizontes subsuperficiales, si el riego es excesivo y la lámina de agua entra en contacto con estos horizontes, las sales ascienden por osmosis, es decir disueltas en la solución del suelo. Los distritos de riego manejados inadecuadamente se han considerado como una de las principales presiones de los procesos de la salinización de los suelos, sumado a que en algunos casos se usa riego con aguas ricas en sales y aunque el nivel de sales de las aguas de riego sea tolerable por las plantas, el riego a largo plazo va generando acumulación de sales en suelos. Considerando esto, se realiza un análisis de los distritos de adecuación de tierras tomados de información oficial de la UPRA del 2018.



Distrito de riego, Huila / 2016 / Javier Otero.

Presiones por conflictos de usos del suelo

El mal uso de los suelos, es decir, suelos que están siendo utilizados en otras actividades diferentes a su vocación, pero que están generando sobreutilización, se considera una presión o causa directa de procesos de degradación, entre ellos, de salinización. El análisis se realiza con base en la información de conflictos de uso definidos por el IGAC (2013).

Presiones por extracción de hidrocarburos y minería

Los sistemas mineros y de extracción de hidrocarburos pueden generar sales especialmente en minas a cielo abierto que dejan los materiales expuestos a procesos de intemperización, meteorización y disolución de sales, igualmente, por las aguas de escorrentía y lixiviados de las zonas de acopio.

Presiones por los usos del suelo

Algunas actividades o usos del suelo generan directamente la salinización, como es la aplicación excesiva y durante largo tiempo de fertilizantes además de otras actividades como las quemas, la mecanización adecuada como el volteo del suelo dejando capas subsuperficiales con sales, en superficie. Los sistemas ganaderos aportan sales cuando queman rastrojos para implementar pasturas o renovarlas, incluso la orina del ganado que pareciera insignificante, en zonas de pastoreo durante varias décadas ayuda a incrementar sales en suelos. Otras actividades que pueden generar sales son la deforestación y los incendios forestales.

A partir de la información de usos y coberturas de la tierra *Corine Land Cover* (Ideam, 2015), se interpretaron los usos y coberturas de la tierra a sistemas de uso productivos para realizar un análisis más adecuado de la incidencia en la salinización.

Calidades de aguas superficiales

En cuanto a la clasificación y calificación de aguas con incidencia salina, se usó como base los datos de calidad de aguas de las estaciones del Ideam para el periodo 2005-2013, en total el instituto cuenta con 655 estaciones, aproximadamente; durante el periodo de trabajo de campo determinado se obtuvieron un total de 4.242 registros.

Los criterios tenidos en cuenta fueron los contenidos de bicarbonatos - HCO_3 (meq/L), cloruros - Cl (meq/L), sulfatos S - SO_4 (meq/L), la conductividad eléctrica y el pH.



Cultivo de flores. Madrid, Cundinamarca / 2017 / Paula Milena Hernández Marroquín.

Sin embargo, es de aclarar que con estos resultados se pretende tener una primera versión de la relación de las sales contenidas en las aguas superficiales con la salinización de los suelos. Se requiere un seguimiento más preciso de los indicadores de salinización en los diferentes cuerpos de agua superficial y subterránea en tiempos de lluvias y no lluvias en las escalas espacio-temporales y establecer una red de sitios de muestreo para el monitoreo de la salinidad de las aguas a nivel nacional.

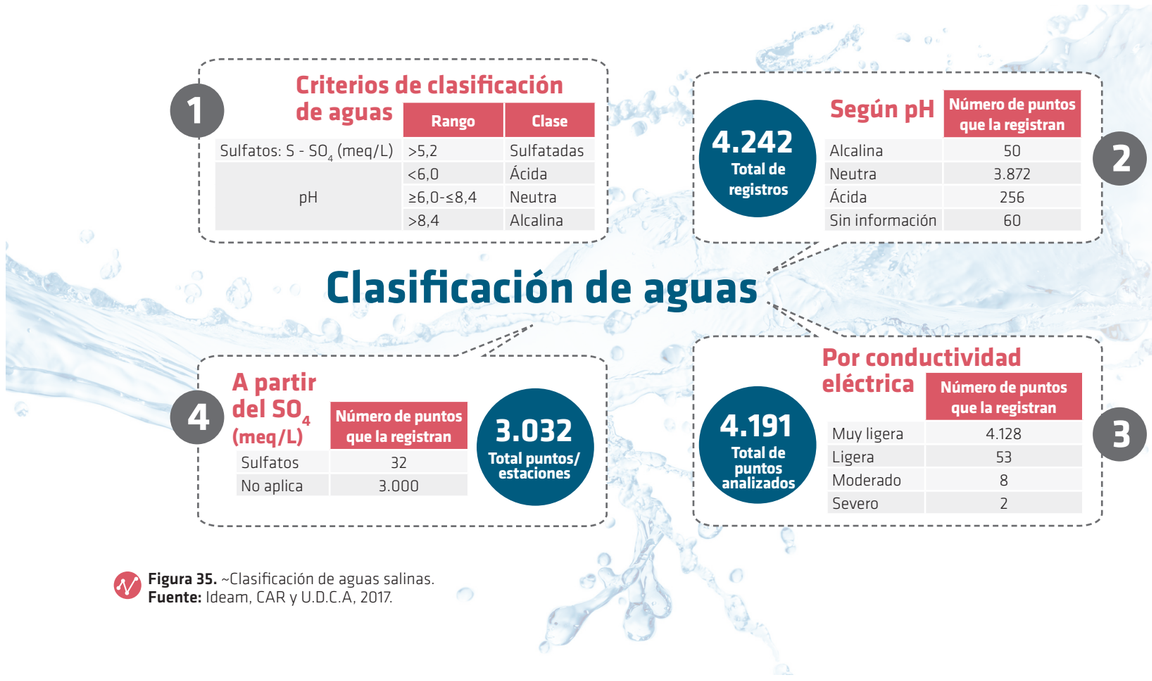


Figura 35. ~Clasificación de aguas salinas.
Fuente: Ideam, CAR y U.D.C.A, 2017.



Cultivos irrigados, Calarcá, Quindío /2017 / Fredy Neira.

2.7 CONSECUENCIAS O IMPACTOS

Impactos en ecosistemas

El principal impacto de la salinización se refiere al deterioro de las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos y estos son la base de los ecosistemas, por ello los biomas y tipos de ecosistemas son indicadores directos de las afectaciones de la degradación de suelos. Para el análisis del impacto en los ecosistemas se utilizó el Mapa Nacional de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos elaborado por el Ideam (versión 2017).

Impactos en áreas de exclusión legal

En los procesos de ordenamiento ambiental del territorio y la zonificación ambiental se tienen en cuenta las zonas de exclusión legal como aquellas con fines de conservación, reservas, parques naturales, etc. (los decretos, leyes o acuerdos están restringidos para usos antrópicos principalmente agropecuarios, mineros, etc.). Las zonas de exclusión legal evaluadas se tomaron a partir de la información de la UPRA.

Impactos en la frontera agrícola

La frontera agrícola definida para Colombia por la UPRA marca el territorio donde se establecerán actividades agropecuarias. Por lo tanto, es necesario analizar cuál será el impacto del estado actual sobre las zonas ya definidas como frontera agrícola.

Impactos en la aptitud de uso de los suelos

La planeación del uso adecuado y sostenible de las tierras se realiza a través de la metodología de Evaluación de Tierras propuesta por la FAO y adaptada para Colombia por la UPRA. Mediante la aplicación de esta herramienta se determinan las zonas más aptas para el establecimiento de cultivos. En este ejercicio se seleccionaron algunos de los resultados generados por la UPRA, entre ellos, papa, por su relevancia en clima frío y por su uso intensivo de fertilizantes; maíz, por su área y aplicación en todas las áreas hidrográficas; pastos, por su extensión y aplicación en casi todas las unidades de análisis; papaya, por ser un cultivo de climas cálidos, arroz, por su realización en distritos de riego; cebolla de bulbo, como un cultivo de zonas de alta montaña, además de la aptitud de las tierras para especies forestales.

Impactos en la infraestructura

Las sales afectan también la infraestructura, corroen material por acción física y química. Ya han sido reportados en Colombia daños por salinización, en infraestructura en Boyacá (Castro y Gómez, 2015). Con información de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) se analizaron las concesiones de las vías carreteables y férreas.

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN

En este capítulo se presentan los resultados a nivel nacional del análisis de los indicadores relacionados con las causas, estos corresponden a los indicadores de fuerzas motrices y de presión, luego los relacionados con las consecuencias o indicadores de impacto y finalmente algunas respuestas a nivel nacional.

La degradación de suelos debe entenderse como un ciclo, donde los agentes que la causan a la final serán afectados por la degradación. Siempre habrá una reacción de la afectación de la degradación sobre el mismo agente que la causa: así como el clima es una fuerza motriz para generar salinización, ésta a su vez influirá en el cambio del clima. No obstante, para el análisis y evaluación se propone separar las causas y consecuencias por su prevalencia. Así, por ejemplo, el clima, las actividades se analizan como causas y el uso o actividades potenciales se analizan como impactos.

2.8 CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN

La nación que destruye sus suelos se destruye a sí misma.
Franklin Delano Roosevelt

Las causas de la salinización de suelos en Colombia son aquellas que de manera directa o indirecta producen el aumento de sales, afectando las funciones socioambientales y servicios ecosistémicos de los suelos.

Causas indirectas

Las causas indirectas o fuerzas motrices son aquellas que inducen o generan las condiciones para que se presenten aumento de sales. Pueden ser de origen natural o antrópico. Las causas naturales a su vez pueden ser el resultado de acciones antrópicas como el cambio climático cuya consecuencia pasa a ser el detonante de procesos de degradación como la salinización.

- Clima como fuerza motriz de la salinización

Los ecosistemas considerados secos, que comprenden las provincias de humedad semihúmedo, semiárido, árido y desértico, abarcan 32,6 % (37.254.985 ha) de la superficie continental de Colombia. En estos ecosistemas mas secos (semiárido a desértico) la magnitud y la severidad de la salinización de suelos son mayores. En ecosistemas semihúmedos, que serían los transicionales entre secos a húmedos la magnitud es considerable, mayor al 13 % de magnitud que en términos de área nacional suman más de 3,5 millones de ha, por lo cual no debe subestimarse la salinización en ecosistemas con esta condición de humedad.

% del país	Provincia de humedad	Magnitud	Severidad
11,68	**Superhúmeda** 13.324.925 ha	8 % 1.066.326 ha	0,7 % 88.555 ha
55,67	**Húmeda** 63.512.054 ha	2,9 % 1.831.967 ha	0,2 % 124.881 ha
23,43	**Semihúmeda** 26.730.805 ha	13,4 % 3.585.795 ha	0,6 % 151.964 ha
6,78	**Semiárida** 7.737.760 ha	59,7 % 4.618.979 ha	6,1 % 474.165 ha
1,48	**Árida** 1.670.905 ha	75,1 % 1.254.024 ha	22,7 % 378.664 ha
0,82	**Desértica** 932.938 ha	92,7 % 864.484 ha	47,3 % 441.047 ha

Figura 36. ~Magnitud y severidad de la salinización por provincia de humedad de los ecosistemas.
Fuente: Ideam, *et al*., 2017.

Disminución de la precipitación

Según los escenarios de cambio climático, se estima que el 31 % de las tierras de Colombia tendrían una dismnución de más de un 10 % de la precipitación, lo que se considera casi equivalente a la de un mes. En estas zonas la magnitud de la salinización es del 12 % de su superficie y el 2,6 % presenta grados severo a muy severo. En las zonas donde los aumentos o disminuciones de las temperaturas son menores al 10 % que corresponden al 55 % del país la magnitud de la severidad es mayor al 10 % y la severidad apenas cercana al 1 %.

En 4.339.925 ha de suelos que tienen procesos actuales de salinización podrían aumentar de grado de salinización por reducción de las precipitaciones.

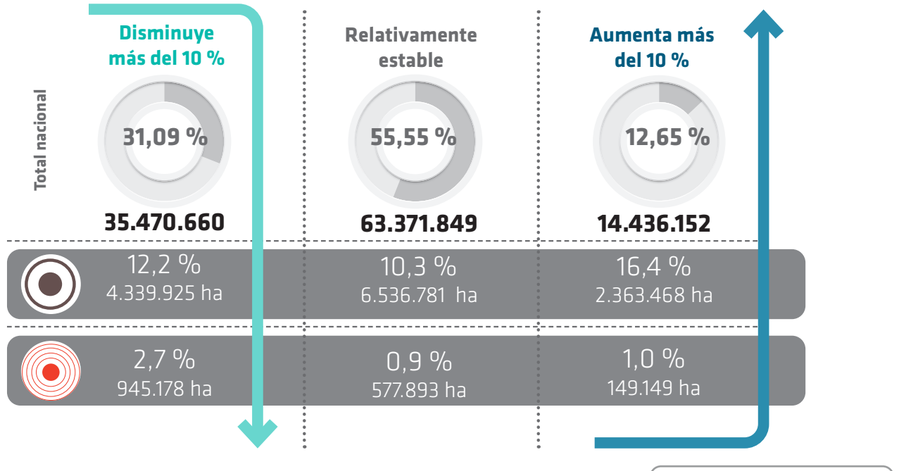


Figura 37. ~Magnitud y severidad de la salinización según variación de la precipitación.
Fuente: Adaptado Ideam, 2015.

Tipo de suelos

La naturaleza de los suelos es una fuerza motriz en la formación de suelos salinos y por lo tanto en de procesos de salinización. Los suelos clasificados como Aridisoles, Alfisoles, Molisoles y Vertisoles, aunque representan un bajo porcentaje nacional, presentan mayor magnitud y severidad en degradación por salinización. Los Entisoles e Inceptisoles con magnitud de 16,8 y 14,22 % de su superficie presentan la mayor área a nivel nacional con procesos de salinización. Otros suelos que presentan algo de magnitud y severidad y que deben ser considerados son los Histosoles por su presencia de materiales ricos en hierro y azufre que generan suelos sulfatados ácidos si son drenados y los Andisoles, cuya relación con salinización se debe más al manejo de los suelos por prácticas como sobrefertilización.

Orden de suelos	% Nacional	Magnitud		Severidad	
		ha	%	ha	%
Aridisoles	0,5	580.739	95,40	329.125	54,07
Alfisoles	1,3	890.412	60,94	215.162	14,73
Molisoles	1,8	1.189.531	58,30	51.428	2,52
Vertisoles	1,1	659.058	55,42	110.467	9,29
Entisoles	14,9	2.796.593	16,88	650.699	3,93
Inceptisoles	39,4	6.227.331	14,22	273.636	0,62
Histosoles	0,7	50.255	6,69	7.541	1,00
Andisoles	6,6	363.602	4,97	234	0,00
Ultisoles	18,9	266.698	1,27	527	0,00
Oxisoles	14,5	0	0,00	0	0,00
Espodosoles	0,2	0	0,00	0	0,00

Nota: las unidades de suelos analizadas corresponden al orden dominante y generalmente las unidades cartográficas están asociadas a otros ordenes, por lo que los datos son estimaciones nacionales.

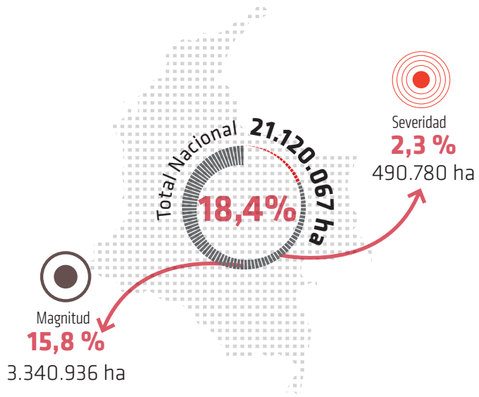
Tabla 18. ~Clasificación del tipo de suelo por magnitud y severidad
Fuente: IGAC, 2015.



Climas seco, San Andrés, Santander / 2016 / Paula Milena Hernández Marroquín.

Inundación

Colombia presenta continuamente eventos de inundación, debido a su condición climática y de relieves. Sin embargo muchas zonas que naturalmente han sido inundables, actualmente han sido alteradas con elaboración de diques o jarillones o elevaciones de terrenos inundables rellenándolos con materiales de canteras, ha generado el cambio natural de las funciones de los suelos inundables, como es el de regular las inundaciones. Esta situación, que en los últimos años ha aumentado, con lo cual se hace complejo el análisis de las áreas inundables. Sin embargo, teniendo como referencia las zonas establecidas como susceptibles a inundación por el Ideam, en la cual se estima que el 18 % de las tierras de Colombia son susceptibles a inundación, de estas el 15,4 % presentan algún grado de salinización y el 2,3 % presentan ya severidad en salinización.





Inundaciones también causan salinización, sur del Atlántico / 2011 / Fredy Neira.

Causas directas

Las causas directas o presiones que generan o aceleran procesos de degradación son antrópicas y están relacionadas con el uso, manejo y prácticas realizadas. Para Colombia se evalúan las principales presiones en términos de distritos de adecuación de tierras, usos de los suelos, conflictos de uso, extracciones de hidrocarburos y calidad del agua. Otras como la minería y la industria que aunque han sido reportadas en los talleres como fuentes de salinización se sugiere considerarlas en evaluaciones más detalladas ya que por disponibilidad de información no ha sido posible evaluarlas a nivel nacional.

☼ Presiones por distritos de adecuación de tierras

Los distritos adecuación de tierras construidos en Colombia son de riego, de drenaje, mixtos (de riego y drenaje) y sistemas hidráulicos de manejo ambiental y control de inundaciones (SHMAyCI). Esos abarcan el 0,4 % del país con una superficie de 513.330 ha. El 68 % de los suelos de los distritos de adecuación de tierras presenta algún grado de salinización, con una severidad del 22 %.

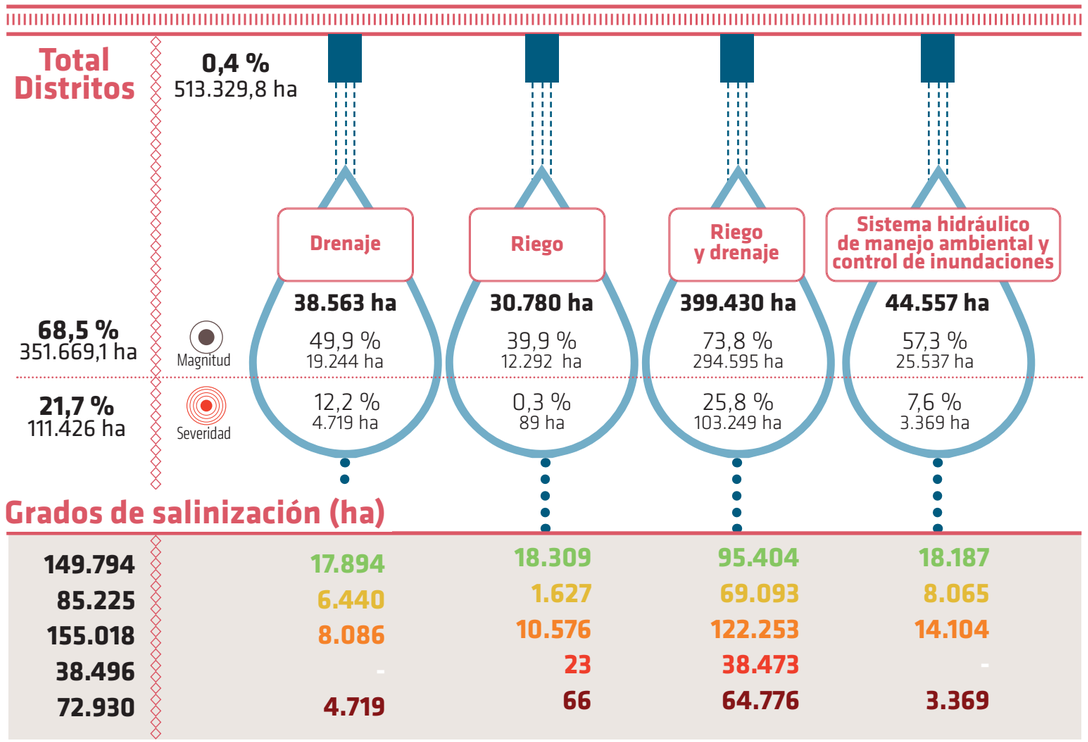
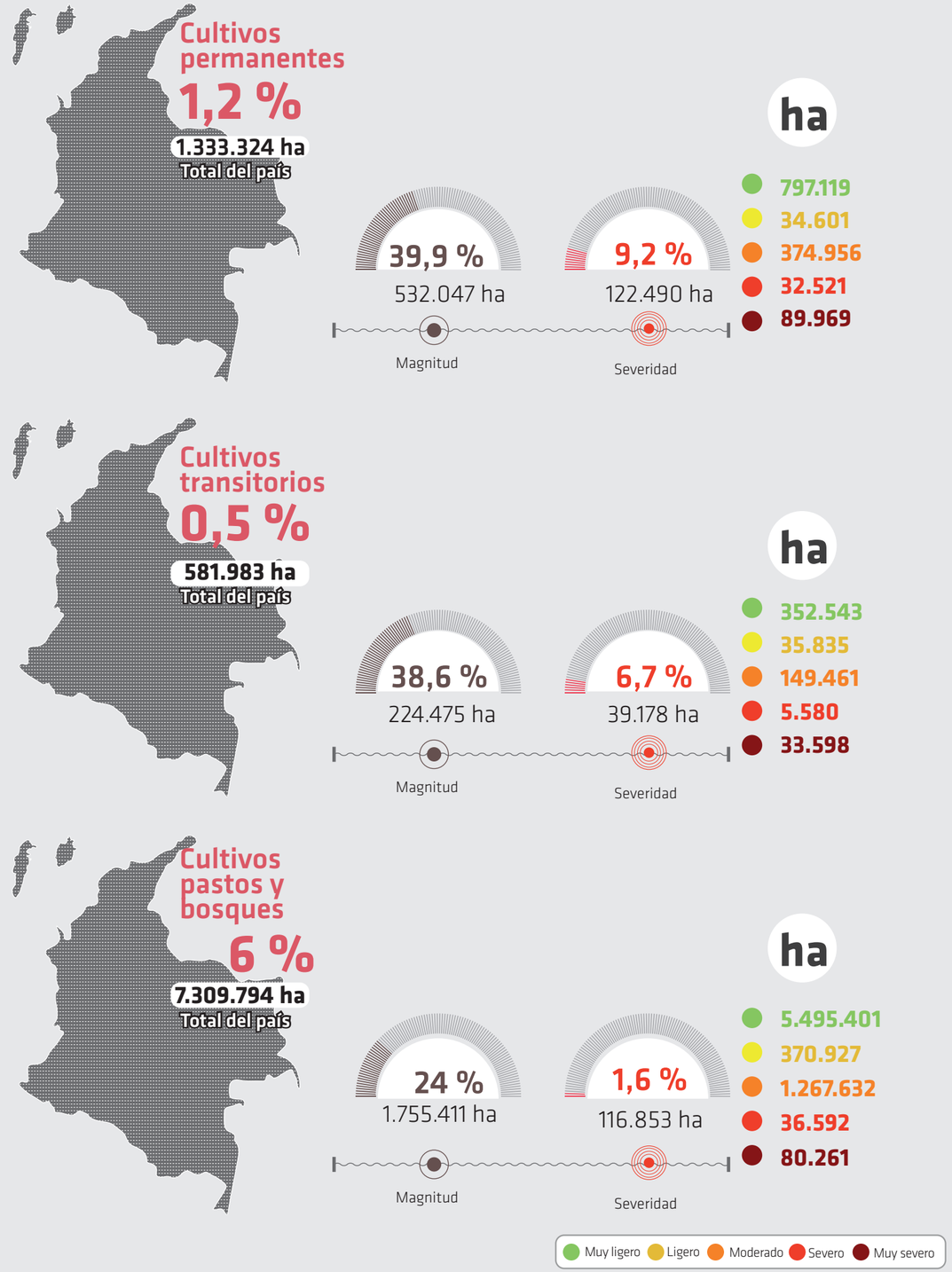


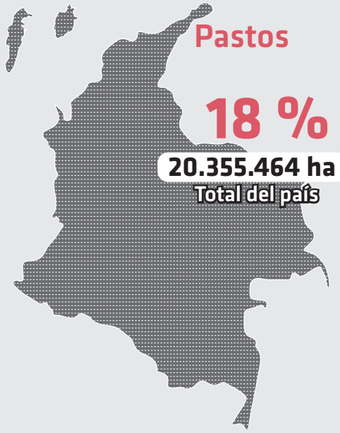
Figura 38. ~Magnitud y severidad de la salinización en los distritos de adecuación de tierras.
Fuente: Adaptado de UPRA. 2018.

☼ Presiones por los usos del suelo

El análisis del uso del suelo se determinó a partir de la interpretación del mapa de cobertura de la tierra con la metodología *Corine Land Cover* para Colombia del periodo 2010-2012 (Ideam, 2015). Para esta época, Colombia presentaba 55% de la superficie en bosques, 18 % en pastos, 1,2 % en cultivos permanentes, menos del 1 % en cultivos transitorios, 6,4 % en cultivos mixtos asociados a pastos o coberturas arbóreas (no diferenciables por la escala), 0,2 % en plantaciones forestales y 0,1 % en zonas de extracción minera.

Las zonas con cultivos transitorios, cultivos permanentes y pastos tienen mayor magnitud y severidad que aquellas misceláneas de cultivos asociados a otras coberturas. Las de minería y plantaciones forestales también tienen una magnitud y severidad significante superior al 20 % en magnitud y cercana al 5 % en severidad.

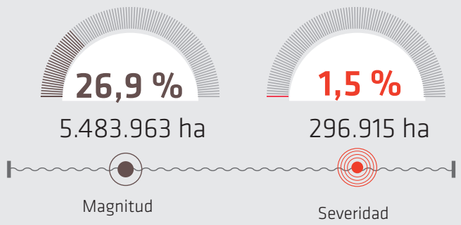




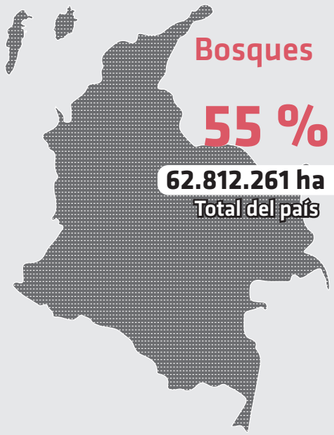
Pastos

18 %

20.355.464 ha
Total del país



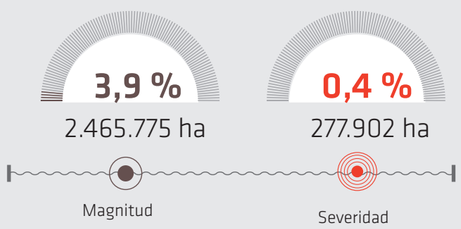
ha
14.765.588
1.766.232
3.420.815
61.507
235.409



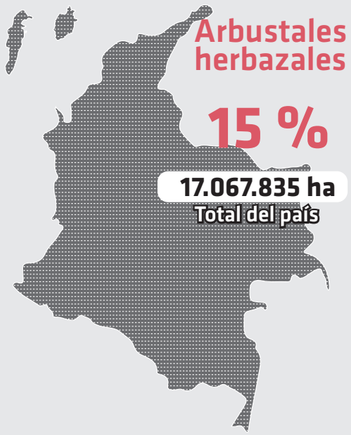
Bosques

55 %

62.812.261 ha
Total del país



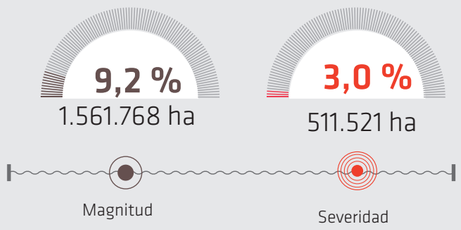
ha
60.038.457
464.843
1.723.030
33.675
244.227



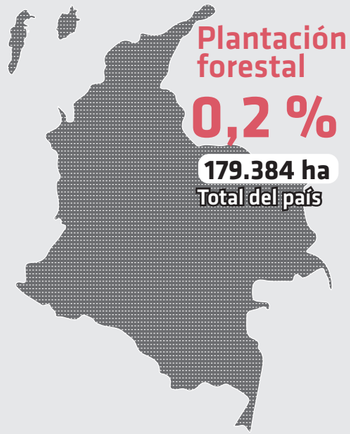
Arbustales y herbazales

15 %

17.067.835 ha
Total del país



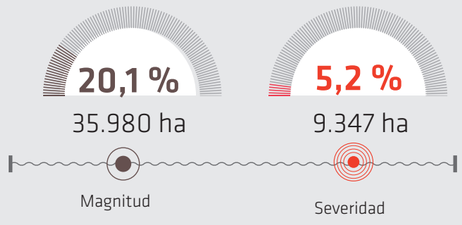
ha
15.417.604
166.348
883.899
249.806
261.715



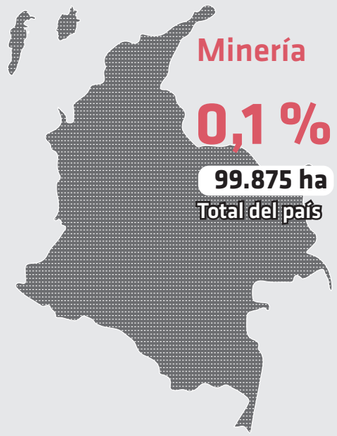
Plantación forestal

0,2 %

179.384 ha
Total del país



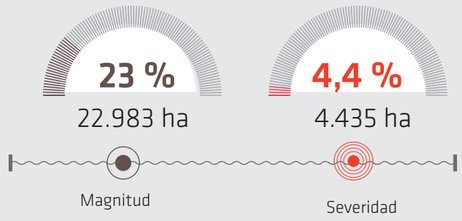
ha
142.401
6.590
20.043
429
8.918



Minería

0,1 %

99.875 ha
Total del país



ha
72.770
2.954
15.593
458
3.977

Figura 39. ~Magnitud y severidad de salinización por tipo de uso del suelo.
Fuente: Adaptado de Ideam, 2015.

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo

☼ Presiones por conflictos de usos del suelo

Con base en información del IGAC (2013) sobre conflictos de uso, se seleccionaron las áreas con sobreutilización y se establece una relación entre estos conflictos y el grado de salinización. Aunque el enfoque de conflictos se refiere a las afectaciones agropecuarias, también están afectandose las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos, por lo que los conflictos por sobreutilización se consideran una presión directa sobre procesos de degradación.

El 11,7 % de las tierras de Colombia (13.383.865 ha) presentan conflictos por sobreutilización, de los cuales la magnitud de salinización es del 24 % y la severidad del 1 %.

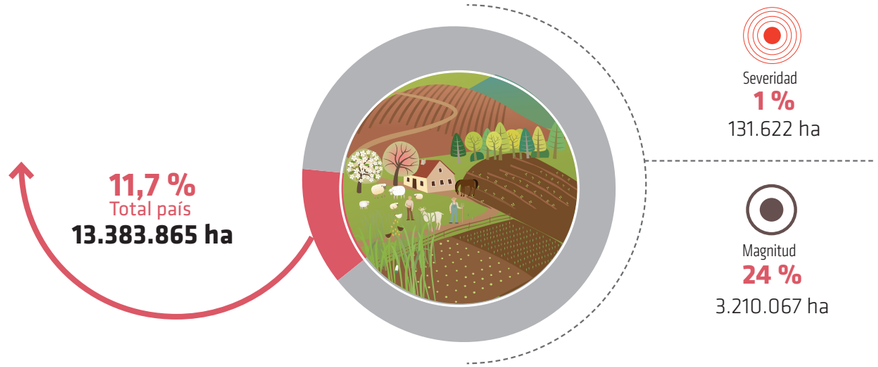


Figura 40. ~Distribución de la magnitud y severidad de salinización por conflicto de sobreutilización del suelo.
Fuente: Adaptado de IGAC, 2013.

☼ Presiones por extracción de hidrocarburos y minería

Con base en la información de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (2019), se estima que cerca de 20 millones de hectáreas están disponibles para yacimientos, 18,2 millones en exploraciones convencionales y 1,5 millones en no convencionales. Las dedicadas a yacimientos convencionales presentan una magnitud de salinización del 17,7 % de su área y una severidad del 1,6 %, mientras que las dedicadas a yacimientos no convencionales presentan una magnitud de 42,6 % de salinización y una severidad en 5,8 % de la superficie.

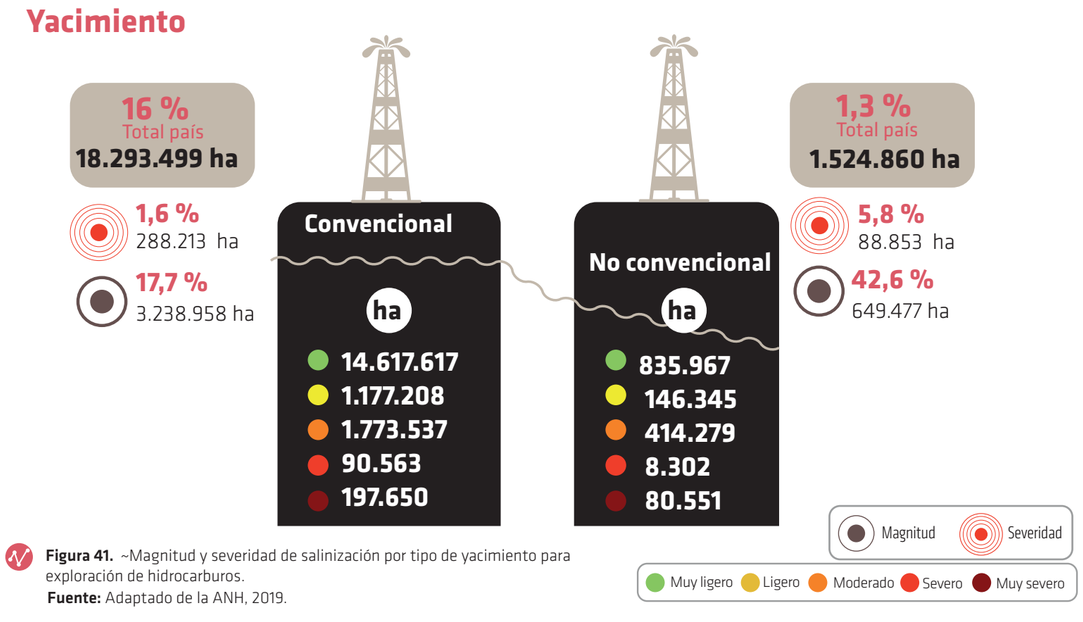


Figura 41. ~Magnitud y severidad de salinización por tipo de yacimiento para exploración de hidrocarburos.
Fuente: Adaptado de la ANH, 2019.

2.9 IMPACTOS O CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

Todo lo que se haga a la naturaleza tiene repercusiones, tal vez no en el mismo sitio pero sí en otro.
Alexánder von Humboldt

Los impactos de la degradación de suelos por salinización son múltiples desde la disminución de la producción agrícola de los suelos hasta el abandono de tierras y la migración. Sin embargo, aún es un poco difícil tener evaluaciones de impactos ocasionados la salinización a este detalle. En términos ambientales y económicos se proponen los siguientes indicadores: ecosistemas, aptitud de uso de los suelos, zonas de interés para el desarrollo social y económico y frontera agrícola.

Impactos en ecosistemas

El estado de salud de los ecosistemas está determinado por la degradación de los suelos y una de ellas es la salinización. Con base en el MEC (Ideam, 2017) se realizó el análisis entre salinización y ecosistemas del país.

Los principales ecosistemas afectados por procesos de degradación son: el desierto, con una magnitud casi total y una severidad del 40 %, el ecosistema de Xerofitia con 98 % de magnitud y cerca de la mitad en severidad, las playas con 88 % de magnitud y Subxerofitia con casi la mitad del área en magnitud. Estos ecosistemas corresponden principalmente a origen natural, pero en casos acelerado por actividades antrópicas como la deforestación.

En La Guajira se evidencian ya zonas en estado irreversible de desertificación por actividades como la tala, en donde se ha favorecido el aumento de la temperatura en el suelo y con ello el ascenso de sales. Los agroecosistemas que representan cerca del 23 % del país y los ecosistemas transicionales transformados que representan cerca del 4 % del país presentan en términos de superficie las mayores áreas con 6.639.043 ha de agroecosistemas con presencia de algún grado de salinización y 1.644.906 ha de ecosistemas transicionales transformados. La magnitud para estos es cercana al 25 % y la severidad del 1,5 y 4,8 %, respectivamente.

Esto indica que la transformación de los ecosistemas y sus usos están siendo impactados por salinización. En este caso se convierte en un ciclo de impacto-presión para estos dos ecosistemas.



Abandono de actividades agrícolas por salinización. Sutamarchán, Boyaca / 2016 / Fredy Neira.

Desierto

Grado
1.489
-
122.963
69.432
14.939

208.882 ha **/0,2 %**
207.334 ha **/99,3 %**
84.371 ha **/40,4 %**

Subxerofitia

Grado
390.816
74.835
255.819
2.155
40.600

766.642 ha **/ 0,7 %**
373.408 ha **/ 48,7 %**
42.754 ha **/ 5,6 %**

Herbazal

Grado
571.426
48.113
131.824
556
8.577

764.033 ha **/ 0,7 %**
189.069 ha **/ 24,7 %**
9.132 ha **/ 1,2 %**

Bosque fragmentado

Grado
2.295.198
31.635
167.487
3.761
4.308

2.523.744 ha **/ 2,2 %**
227.191 ha **/ 9,0 %**
8.069 ha **/ 0,3 %**

Sabana

Grado
11.818.265
7.281
10.209
1.053
N3

11.838.518 ha **/ 10,4 %**
18.656 ha **/ 0,2 %**
1.166,0 ha **/ 0,0 %**

Arbustal

Grado
463.220
24.668
58.185
585
32.868

570.929 ha **/ 0,5 %**
106.305 ha **/ 18,6 %**
23.452 ha **/ 4,1 %**

Turbera

Grado
11.818.265
7.281
10.209
1.053
N3

19.071 ha **/ 0,0 %**
5,6 ha **/ 0,0 %**
-

Vegetación secundaria

Grado
2.791.763
85.502
399.142
8.218
7.046

3.294.317 ha **/ 2,9 %**
499.908 ha **/ 15,2 %**
15.264 ha **/ 0,5 %**

Bosque

Grado
51.635.632
287.776
926.709
18.824
210.727

53.130.157 ha **/ 46,5 %**
1.444.035 ha **/ 2,7 %**
229.551 ha **/ 0,4 %**

Xerofitia

Grado
19.146
11.340
463.842
255.469
206.753

957.268 ha **/ 0,8 %**
937.405 ha **/ 97,9 %**
462.222 ha **/ 48,3 %**

Transicional transformado

Grado
2.817.828
415.406
1.015.926
61.003
152.572

4.489.001 ha **/ 3,9 %**
1.644.906 ha **/ 36,6 %**
213.574 ha **/ 4,8 %**

Playas

Grado
601
-
3.035
1.033
3.296

7.261 ha **/ 0 %**
6.364 ha **/ 87,6 %**
3.329 ha **/ 45,9 %**

Agroecosistema

Grado
19.469.687
1.830.318
4.405.817
75.956
326.953

26.142.706 ha **/ 22,9 %**
6.639.044 ha **/ 25,4 %**
402.909 ha **/ 1,5 %**

Área y % del país | Magnitud | Severidad
Muy ligero | Ligero | Moderado
Severo | Muy severo

Figura 42. ~Magnitud y severidad de salinización en los ecosistemas.
Fuente: Adaptado de Ideam, 2017.

Impactos en bosques secos

Según el mapa Nacional de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos (Ideam, 2017), Colombia posee 329.591 ha de ecosistemas de bosque seco, distribuidos en cuatro tipos: galería basal, basal, subandino y andino. La importancia del bosque seco es que apenas corresponde al 0,3 % del país por lo que se hace importante en términos ambientales debido a su facilidad con que podría degradars . Un análisis especial se hace entre este tipo de ecosistema y la salinización por su relevancia.

Los bosques de galeria basal seco y bosque basal seco que son los de mayor superficie presentan más de la mitad de su superficie con magnitud de salinización y ya presentan 10,5 % y 8,4 % de severidad respectivamente.

En total los ecosistemas de bosque seco presentan un 56,8 % de magnitud y un 8,1 % severidad.

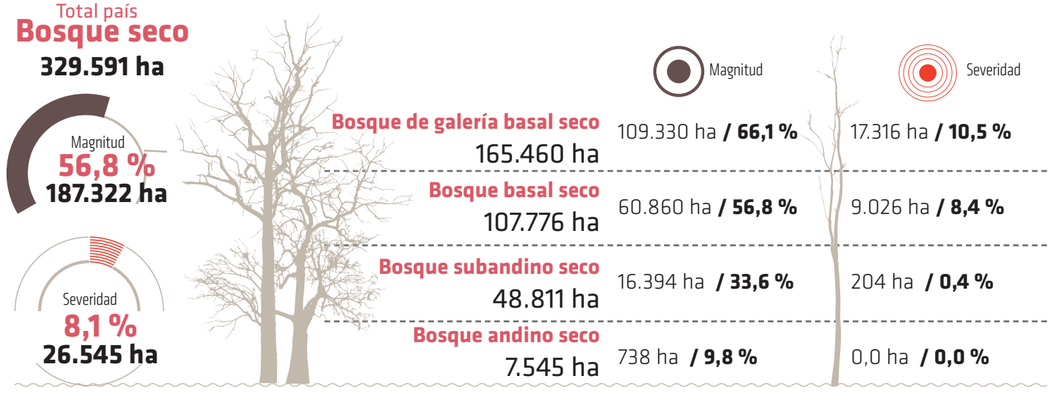


Figura 43. ~Distribución de magnitud y severidad en bosques secos.
Fuente: Ideam, U.D.C.A, 2011.



Bosque seco, Guane, Santander / 2016 / Fredy Neira.

Impactos en la frontera agrícola

Las zonas definidas como frontera agrícola serán sujetas a actividades que pueden verse afectadas por la salinización de los suelos. La frontera agrícola establecida actualmente para Colombia representa cerca del 35% del país con un área de unos 40 millones de hectáreas (UPRA, 2018). Se estima que el 21,3 % (8.532.220 ha) de la frontera agrícola, presenta magnitud de salinización y el 1,8 % de la frontera presenta severidad de salinización (727.412 ha).

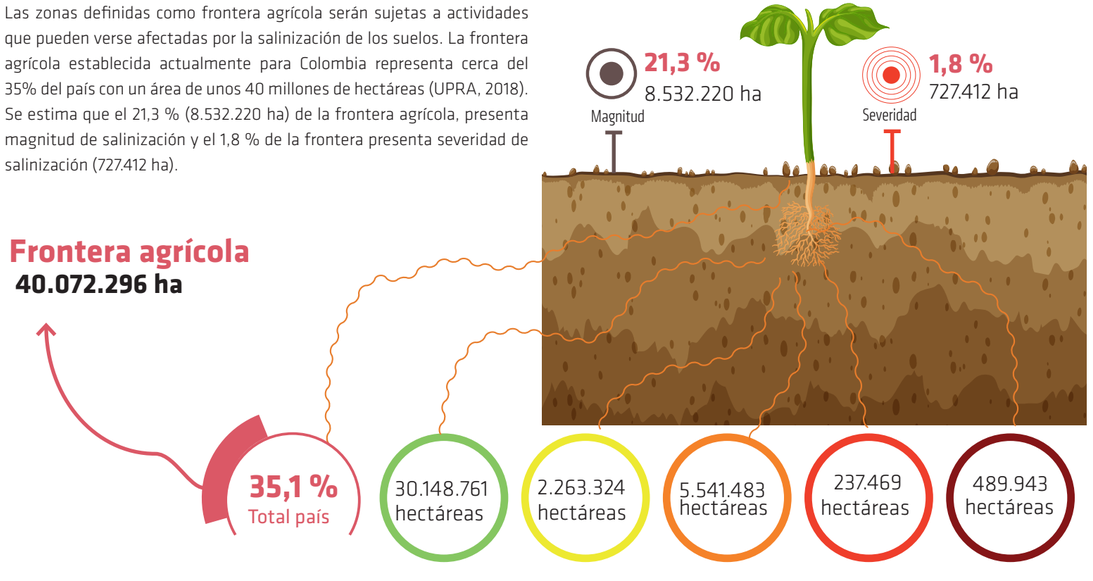


Figura 44. ~Distribución de magnitud y severidad en la frontera agrícola (adaptado UPRA 2019).

Impactos en áreas de exclusión legal

Según UPRA, Colombia presenta un 22,6 % de su superficie como áreas de exclusión legal que corresponden a zonas que por diferentes leyes o acuerdos deben estar excluidas de usos agropecuarios. Se analizaron cerca de 26 millones de ha de zonas de exclusión legal, de estas, el 2,8 % presenta magnitud (732.485 ha) y el 0,6 % presenta severidad (cerca de 150.000 ha). Esto indica que aunque hay zonas que están consideradas de exclusión legal para el uso agropecuario, ya presentan procesos de salinización.

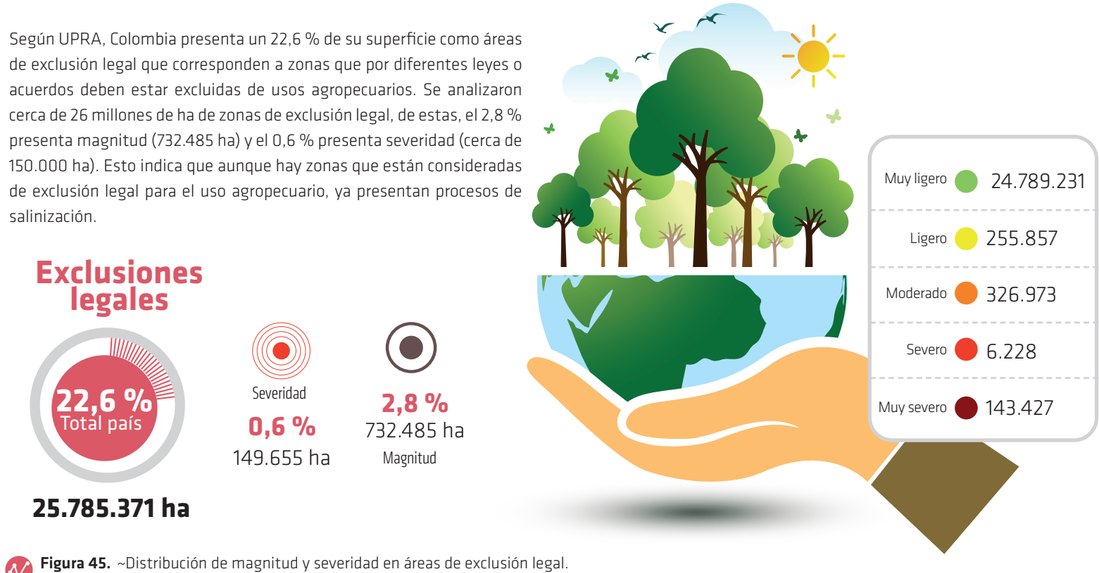


Figura 45. ~Distribución de magnitud y severidad en áreas de exclusión legal.
Fuente: Adaptado de UPRA, 2019.

Impactos en la aptitud de uso de los suelos

Hay dos peligros espirituales cuando no se posee tierra: uno suponer que la comida viene de las tiendas y el otro que el fuego viene del horno.
Aldo Leopold

La aptitud de uso de los suelos se define como las áreas en donde potencialmente se pueden establecer determinados usos de la tierra, especialmente agropecuarios y forestales, determinados a partir de la metodología de evaluación de tierras propuesta por FAO y ajustada para Colombia por la UPRA. Esta metodología se aplica con el fin de planear la producción de alimentos y fibras de forma sostenible. La UPRA ha venido elaborando zonificaciones de atitud para diferentes usos, de las cuales se seleccionaron algunas para evaluar el impacto entre la aptitud y el estado de salinización. Se seleccionaron algunos cultivos semestrales, frutales, pastos para ganadería cárnica y láctea y la zonificación para especies forestales. Los cultivos o usos seleccionados responden a una relación entre los sistemas de uso y las actividades que pueden ocasionar salinización.

Aptitud para cultivos agrícolas

Las diferencias en magnitud y severidad para los cultivos semestrales son insignificantes y se mantiene constante la magnitud y severidad de la salinización. Las zonas aptas evaluadas para los cultivos de maíz, cebolla y papaya presentan una mayor magnitud de salinización, superior al 21 % de la superficie apta y una severidad ligeramente superior al 1 % de la superficie apta. Las zonas aptas para el cultivo de arroz secano presentan una magnitud de 13,5 % y severidad de 1,4 % y las zonas aptas para el cultivo de papa, presentan una magnitud de 8,5 % de salinización y una severidad de 1,1 %.

	Tipo de Utilización	Área (ha)	País (%)	Magnitud		Severidad	
				ha	%	ha	%
	**Maíz: semestre 1**	18.226.629	**16,0**	3.827.592	**21,0**	209.257	**1,1**
	Maíz: semestre 2	18.169.599	**15,9**	3.825.651	**21,1**	220.078	**1,2**
	**Papa: semestre 1**	1.965.665	**1,7**	167.200	**8,5**	20.849	**1,1**
	Papa: semestre 2	2.012.414	**1,8**	170.247	**8,5**	20.939	**1,0**
	**Cebolla de bulbo**	22.167.756	**19,4**	4.654.067	**21,0**	223.250	**1,0**
	**Arroz secano**	13.068.617	**11,5**	1.761.498	**13,5**	177.594	**1,4**
	**Papaya**	15.024.310	**13,2**	3.214.414,9	**21,4**	172.027	**1,1**

Figura 46. ~Magnitud y severidad de salinización en la aptitud potencial para tipos de utilización agrícolas.
Fuente: Adaptado de UPRA, 2016, 2017 y 2018.

Aptitud para usos ganaderos

Las zonas establecidas como aptas para pastos con fines de ganadería láctea y carnícola presentan una similitud en magnitud (20 %) y severidad de procesos de salinización (1,6 %). Sin embargo, en términos de superficie nacional son muy importantes ya que representan más de 5,5 millones de hectáreas de magnitud y cerca de medio millón de hectáreas en severidad.

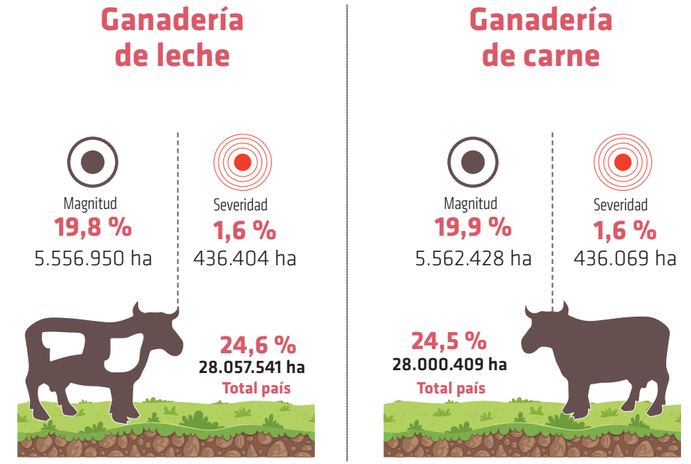


Figura 47. ~Magnitud y severidad de salinización en la aptitud potencial para tipos de utilización ganaderos.
Fuente: Adaptado de UPRA, 2019.

Aptitud para usos forestales

La UPRA estima que un 22,7 % del país presenta suelos con aptitud para usos forestales (cerca de 26 millones de ha). La magnitud de la salinización en las zonas aptas para usos forestales es de 18,8 % (4.880.639 ha) y la severidad de 0,9 % (228.514 ha).

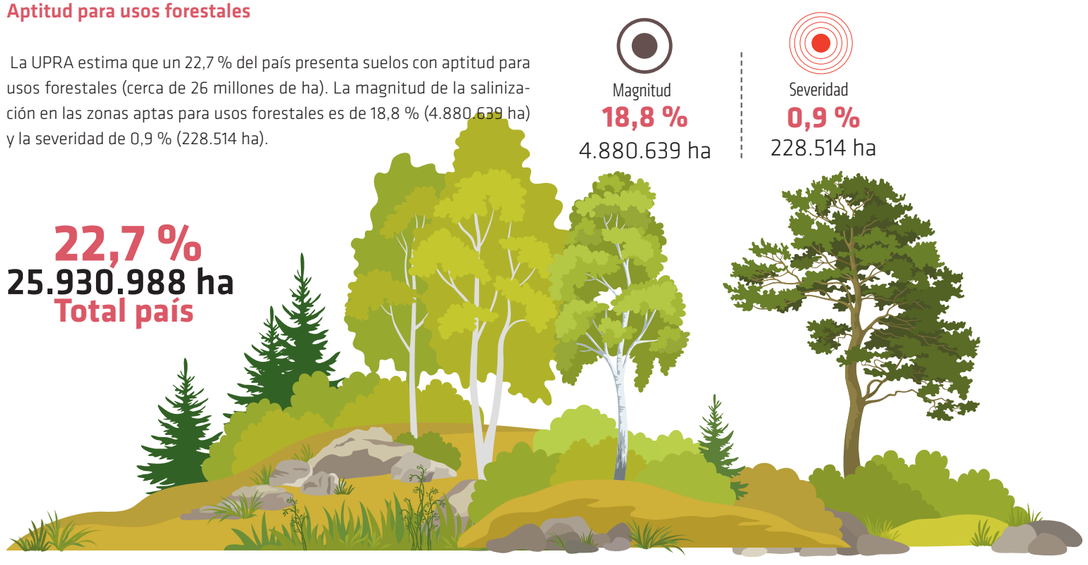


Figura 48. ~Magnitud y severidad de salinización en la aptitud potencial para tipos de utilización forestal.
Fuente: Adaptado de UPRA, 2014.

Impactos en Zidres

Las Zonas de Interés de Desarrollo Rural, Económico y Social (Zidres), definidas por la UPRA, son zonas de interés para el desarrollo rural económico y social. Debido a que el sector rural es beneficiado con la calidad de los suelos de manera directa, es importante que se consideren en estas áreas los procesos de salinización ya que pueden afectar la planeación y el desarrollo de estos territorios. Las Zidres abarcan el 6,4 % del territorio nacional (7.277.153 ha, aproximadamente), de las cuales el 11,5 % presentan algún grado de salinización.

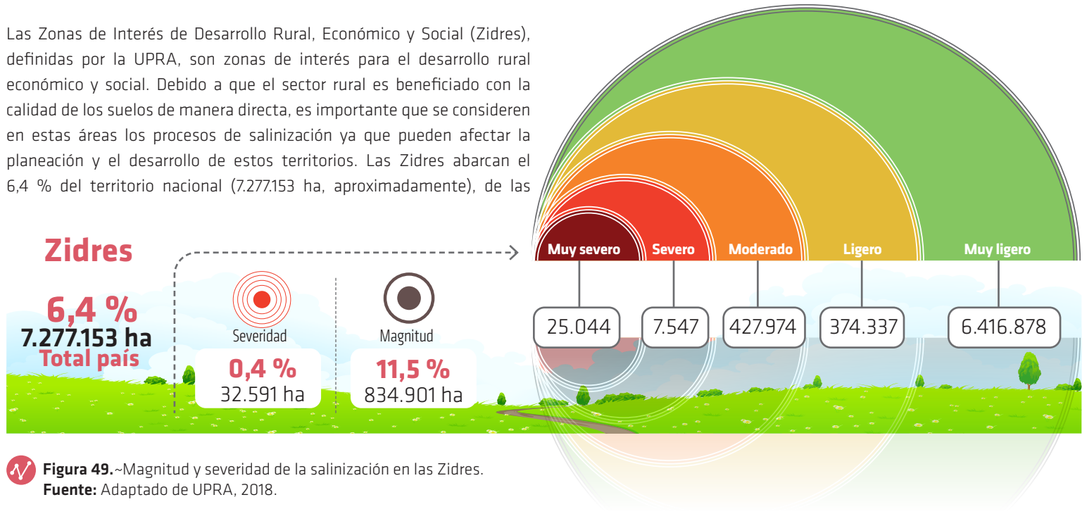


Figura 49.~Magnitud y severidad de la salinización en las Zidres.
Fuente: Adaptado de UPRA, 2018.

Impactos en la infraestructura

Las sales afectan también la infraestructura: corroen los materiales por acción física y química. En Colombia ya han sido reportados daños por salinización en la infraestructura de Boyacá (Castro y Gómez, 2015). Con información de la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) se analizaron las concesiones de vías carreables y las férreas que son las que mayor impacto podrían tener por salinización.

Según la ANI se estiman 8.877 km de concesiones para carreteras para el año 2019, de las cuales el 39,7 % se establecen en zonas con algún grado de salinización y el 3,6 % presentan severidad.

Las concesiones para vías férreas abarcan unos 1.418,6 km de los cuales cerca del 44 % tienen magnitud y el 12,4 % severidad.

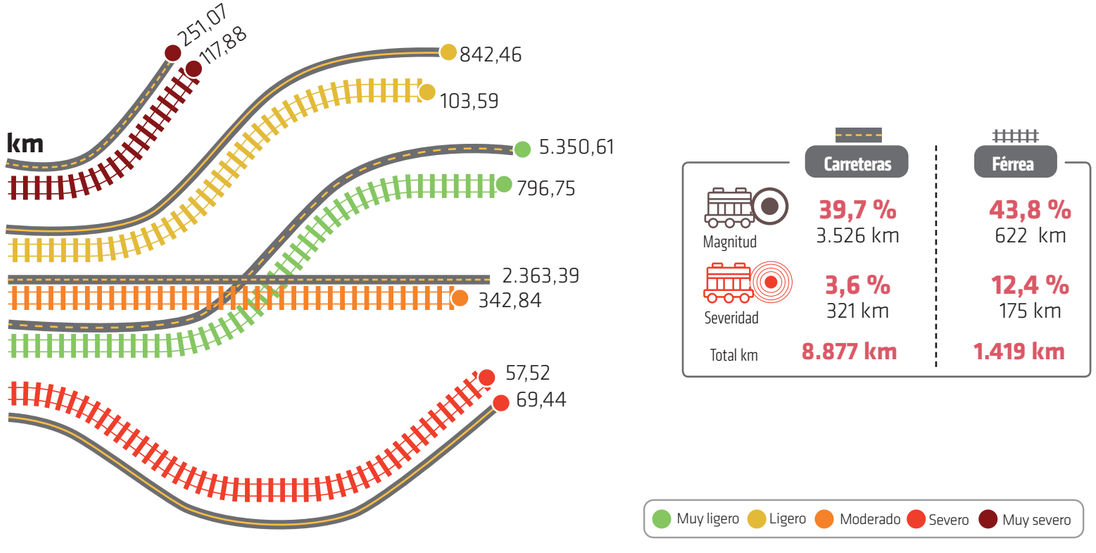


Figura 50.~Magnitud y severidad de la salinización en las concesiones de carreteras y vías férreas (km).
Fuente: Adaptado de ANI, 2018.

2.10 RESPUESTAS EN ATENCIÓN A LA GESTIÓN DEL SUELO

Colombia cuenta con varias acciones tanto a nivel nacional como regional y local que directa o indirectamente están relacionadas con la calidad de los suelos y la mitigación, manejo de la degradación de suelos, entre ellas la salinización.

La Política para la gestión sostenible del suelo en Colombia (PGSS) (Minambiente, 2016) es el marco legal en el cual se establecen las acciones para el manejo adecuado y conservación de los suelos y en atención a la línea estratégica 4 de esta política el Ideam implementa el Programa nacional de monitoreo y seguimiento de la degradación de suelos y tierras, en el cual se desarrolla el Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización (Ideam, CAR, y U.D.C.A, 2017) y se aplica a nivel nacional con la elaboración del Modelo de susceptibilidad de los suelos de Colombia a degradación por salinización y se desarrolla la línea base nacional para su monitoreo y seguimiento. Tanto el protocolo como la línea base son de escala nacional, pero se consolidan como una nueva propuesta de visualización de la salinización, así como un proceso de degradación que afecta las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos y se elabora una propuesta de sistema de clasificación de la salinización para realizar la comparación y monitoreo de los procesos de degradación por salinización en las diferentes regiones del territorio nacional.

A nivel nacional, varias acciones se vienen implementando en el marco de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía (UNCCD, por sus siglas en inglés), como es el Plan de Acción Nacional que involucra los ecosistemas secos, porque son los más susceptibles a procesos de salinización. Adicionalmente, Colombia se ha adherido a la iniciativa de la Neutralidad en la Degradación de las Tierras, con acciones en la región Caribe. Esta iniciativa busca neutralizar degradación de ecosistemas. Las metas establecidas –aunque no son estrictamente para recuperar o manejar suelos salinizados– ayudan a que los procesos de salinización no se incrementen de manera indirecta.

En el ámbito internacional, Colombia forma parte de otras convenciones como las de Cambio climático (UNFCC), biodiversidad (BDC) y humedales (RAMSAR), en el cual se generan compromisos y acciones con el objeto de reducir la degradación también afectadas por los efectos de los procesos de salinización. Como instancias de apoyo internacional a Colombia, la FAO y la Alianza Mundial por los Suelos (GSP por sus siglas en inglés) vienen trabajando para generar el mapa global de suelos afectados por sales. En términos de locales, la red de la base de datos Mundial para el Manejo Sostenible de las Tierras (WOCAT, por sus siglas en inglés), en Cooperación por la FAO y la UPRA ha iniciado el apoyo con acciones del proyecto LADA2 en Colombia.

A nivel nacional, Colombia ha establecido el Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas (PNR), que busca restaurar los ecosistemas degradados, aunque la mayor parte de restauración se atiende en función de pérdida de vegetación o cobertura, es una estrategia para incluir planes de manejo y restauración de ecosistemas degradados por salinización. El Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF) permite la conservación de suelos y disminución de procesos de degradación. Desde el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural se creó la Política de Ordenamiento Productivo y la UPRA, que cuenta con el plan de reconversión agropecuaria.

Con respecto a las instituciones nacionales en sinergia con el Ideam, el IGAC se ha encargado de realizar levantamientos de suelos a diferentes escalas, y el aporte valioso ha sido la caracterización y clasificación taxonómica de los suelos salinos. La UPRA, por su parte, define la frontera agrícola para Colombia y viene adelantando zonificaciones de aptitud de uso de las tierras con el fin de seleccionar los mejores sistemas de manera sostenible y evitando el deterioro de los suelos. Agrosavia (antes Corpoica) ha trabajado en temas relacionados con prácticas de manejo de suelos salinos, transferencia de tecnología y además tiene una base de datos de análisis de laboratorio de suelos con información sobre salinidad.

En cuanto a las autoridades ambientales, las más afectadas por procesos de salinización han venido adelantando estudios y acciones para su manejo en algunas zonas. La CAR ha sido la pionera en generar una línea base a escala regional y dos locales utilizando la metodología propuesta en el Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización, así como en la priorización de zonas y en el establecimiento de estrategias y lineamientos de manejo. Las Corporaciones como la CVC, Corpoguajira, Corpoboyacá, CVS y Cortolima han desarrollado acciones en atención a usuarios o zonas degradadas y a procesos específicos de salinización, bajo un enfoque agronómico. Asimismo, varias corporaciones autónomas vienen adelantando planes de ordenamiento y manejo de cuencas (POMCAs), con el fin de evitar la degradación de tierras, aunque se han priorizado algunas por su importancia en términos de disponibilidad del recurso hídrico para el abastecimiento de la población, el manejo sostenible de estas cuencas aporta a la reducción de la degradación por salinización de manera indirecta.

Gran parte de la información relacionada con salinización de suelos, en especial para solucionar problemas agronómicos, ha sido desarrollada a lo amplio de la geografía nacional por diferentes universidades en las facultades agrícolas, atendiendo algunos problemas específicos y locales. También, algunas universidades han trabajado en los efectos de salinización costera, con el apoyo de Invemar. En cuanto a grupos de investigación cabe anotar el gran aporte del Grupo de Investigación en Suelos Sulfatados Ácidos (GISSA) de la UPTC, además de investigaciones en Unicórdoba, Universidad del Valle y Universidad de La Guajira, entre otras. Colombia cuenta además con profesionales expertos en temas de salinización que a través de sus instituciones públicas o privadas han hecho aportes valiosos sobre identificación, caracterización y manejo de suelos salinos.

En términos de gremios o asociaciones, algunos y debido al estado crítico han venido realizando acciones, tales como Usochicamocha, Cenicaña, Asocolflores. en atención a sus prioridades y necesidades.

Las pequeñas acciones de la minoría recaen en los usuarios o beneficiarios finales de los suelos y no solo en los agricultores sino en todos los ciudadanos, pues tanto los alimentos como muchos productos que satisfacen sus necesidades vienen de los suelos. Es la población la que ejerce una presión sobre los recursos –cada vez más escasos– o está en condiciones menos productivas debido no solo a salinización sino a otros procesos de degradación como erosión, contaminación, polución, compactación, infestación, sellamiento, etc. Sin embargo, aunque el suelo es el que determina la oferta ambiental cada vez disminuye en calidad, aumenta la demanda ambiental no solo de alimentos y productos sino de las funciones y servicios de los suelo (agua, aire, clima) requeridas por la creciente población; por lo que deben proponerse estrategias para la mitigación, reducción, reversión o detención de los procesos de degradación así como su monitoreo, seguimiento.

Como ejemplo de indicador de respuesta se analizaron los Distritos de Conservación de Suelos definidos por el Runap.

Respuestas institucionales ante la degradación de suelos

Figura 51. ~Esquema de estrategias para las respuestas a la degradación de suelos por salinización
Fuente: Elaboración propia.



Política para la Gestión Sostenible del Suelo (PGSS)

El ambiente es de todos | Minambiente

IDEAM

Programa Nacional de Monitoreo de la Degradación de los Suelos
Estudio Nacional de la Degradación de Suelos por Salinización
(Susceptibilidad y zonificación)

IGAC
Subdirección de agrología:
Inventario de suelos salinos
- Capacidad de uso

upra Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
Plan de reconversión agropecuaria

AGROSAVIA Corporación colombiana de investigación agropecuaria
Política de innovación agropecuaria

UNCCD | CBD | UNFCC | FAO | ALIANZA MUNDIAL POR EL SUELO

Neutralidad en la degradación de las tierras

WOCAT
Apoya la transferencia de tecnología de experiencias internacionales y locales

El campo es de todos | Minagricultura

PNR
Plan Nacional de Restauración y Recuperación de Áreas Degradadas

PNDF
Plan Nacional de Desarrollo Forestal

PNN
SINAP-RUNAP

Planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (Pomcas)

Las autoridades ambientales más afectadas han desarrollado algunas acciones para el manejo de suelos salinos; sin embargo, aún falta generar líneas bases a escala regional para el seguimiento de la degradación y para estrategias y lineamientos de manejo

CORHUILA
CVC, CORPOGUAJIRA
CVC, CORPOBOYACÁ
CORPOCESAR
CORTOLIMA, ETC.

CAR
Inicia con línea base a escala regional y local

CVC
Monitorea salinización en suelos críticos

U.D.C.A.
Participa en la línea base nacional de degradación de suelos por salinización

UPTC
investigación en suelos sulfatados Ácidos Gissat

UDEC | Universidad del Huila
Universidad del Valle, CIAT | Universidad del Cauca
Universidad de Córdoba | Universidad de Nariño
Universidad de La Guajira | Universidad de Antioquia
Universidad del Tolima | Invemar y otros.

Otras ONG

El conocimiento es de todos | Colciencias
Apoya grupos de investigación en temas de salinización

SCCS
Apoya la divulgación de información científica y técnica

Usochicamocha | **Asocolflores** | **Cenicaña**

Los gremios y cooperativas de productores más afectados han trabajado en manejo de suelos

Investigación en salinización y manejo de suelos afectados por sales, principalmente a nivel de tesis

Población: Ejerce presión sobre los recursos y al mismo tiempo es la solución.

Distritos de conservación de suelos

El Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), creado por el Decreto 2372 de 2010 incluye las áreas protegidas de las Autoridades Ambientales, además conforma el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP). Estas incluyen áreas protegidas públicas y privadas.

El SINAP, coordinado por Parques Nacionales Naturales de Colombia, está conformado por 1.130 áreas protegidas que ocupan una superficie de 31.186.097 ha, de las cuales 18'368.916 ha son terrestres, equivalentes al 16,09 % (el restante de áreas protegidas son marinas). Las áreas de conservación terrestres permiten mantener la calidad de los suelos en cuanto a procesos de degradación, entre ellos, la salinización. De estas, se analizaron los "Distritos de Conservación de Suelos" por estar relacionadas directamente con la calidad de los suelos. Cuya área equivale a menos del 0,1 % de la superficie terrestre nacional. De un total de 107.978 ha evaluadas, el 40,8 % (44.102 ha) presenta algún grado de salinización, con una severidad del 2,7 % (2.946 ha).

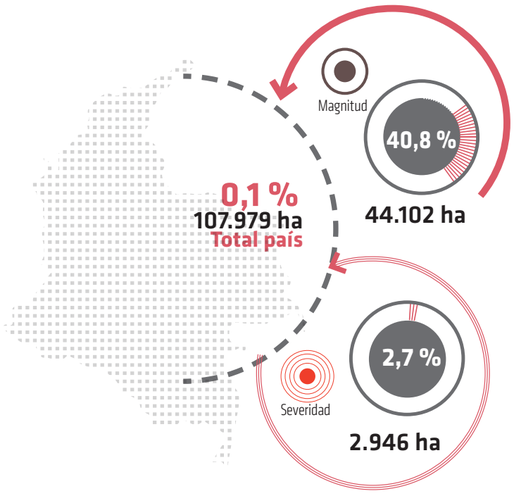


Figura 52. ~Distribución de la salinización en los distritos de conservación de suelos.
Fuente: Adaptado de SINAP, 2019.

2.11 EVALUACIÓN NACIONAL DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN

La propuesta de evaluación de la degradación de suelos por salinización para Colombia se enfoca en fuerzas motrices y presiones como causas y en impactos como consecuencias. La complejidad y dinámica de estos factores implican que para Colombia existen muchas causas y así mismo consecuencias, sin embargo, como indicadores nacionales se evalúan algunos de cuya información hay disponibilidad a escala nacional y de fuentes oficiales, que se presentan a continuación.

Fuerzas motrices y presiones

Las causas naturales más importantes son los climas secos y los materiales parentales de los suelos ricos en sales. Con respecto a las antrópicas el uso y manejo inadecuado de los suelos, entre ellos, la realización de prácticas como riego, drenaje, fertilización y enmiendas. También aparecen otras actividades que indirectamente aportan sales como la deforestación, las quemas, las exploraciones y minería ilegal, aunque hasta ahora se empiezan a considerar y sobre las cuales se sugiere hacer evaluaciones a escala local.

En cuanto a indicadores de fuerzas motrices, los climas secos, presentan un 27,8 % de magnitud (10.323.290 ha) y un 3,9 % de severidad (1.445.839 ha). Teniendo en cuenta los escenarios de cambio climático, las zonas donde disminuirá la precipitación en más del 10 % anual presentan una magnitud de 12,2 % (4.339.925 ha) y una severidad del 2,7 % (945.178 ha). En las zonas donde las temperaturas aumentarán la magnitud de la salinización es del 35,2 % y la severidad del 6,7 %. En las zonas susceptibles a inundación la magnitud es del 15,8 % (3.430.936 ha) y la severidad del 2,3 % (490.780 ha).

Las presiones sobre procesos de salinización, los distritos de adecuación de tierra presentan una magnitud de 68,5 % (351.669 ha) y una severidad de 21,7 % (114.426 ha). Los cultivos transitorios presentan magnitud de 38,6 % (224.475 ha) y severidad de 6,7 % (39.178 ha). Los cultivos permanentes presentan una magnitud de 39,9 % (532.047 ha) y una severidad de 9,2 % (122.490 ha). Las zonas consideradas mosaicos de cultivos, pastos y otras coberturas presentan una magnitud de 24 % (1.755.411 ha) y una severidad de 1,6 % (116.853 ha). Las zonas con usos pecuarios que comprenden pastos presentan una magnitud de 26,9 % (5.483.963 ha) y una severidad de 1,5 % (296.915 ha). Las zonas con conflictos de uso presentan una magnitud de 24 % (3.210.067 ha) y una severidad del 1 % (131.622 ha) y las zonas destinadas a extracción de hidrocarburos (convencionales y no convencionales) presentan una magnitud del 19,6 % (3.888.434 ha) y una severidad del 1,9 % (377.066 ha).

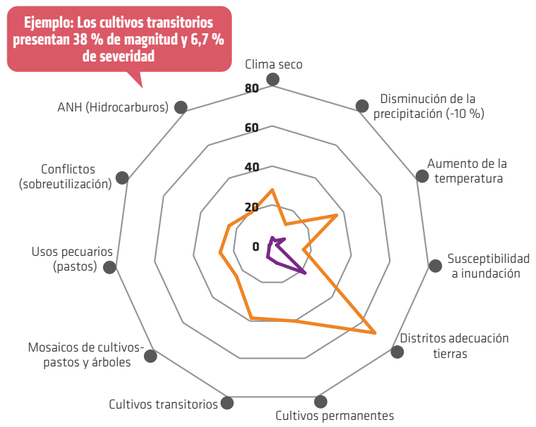


Figura 53. ~Porcentaje de magnitud y severidad de salinización por indicador de causa (fuerzas motrices y presiones).
Fuente: Elaboración propia.

Impactos de la salinización

Los mayores impactos son sobre los biomas: Zonobioma Alternohígrico Tropical, con 70,1 % de su superficie en magnitud (5.252.683 ha) y 12,2 % con severidad (914.240 ha). Los bosque secos presentan una magnitud de 56,8 % (187.322 ha) y una severidad del 8,1 % (26.545 ha). La frontera agrícola presenta una magnitud de 21,3 % (8.532.220 ha) y severidad de 1,8 % (727.412 ha). Las zonas de exclusión legal presentan el 2,8 % de magnitud (732.485 ha) y una severidad de 1,8 % (149.655 ha). Las zonas con aptitud para cultivos presentan hasta un 21,4 % de magnitud y una severidad de hasta un 1,2 % (el área depende del cultivo). Las zonas con aptitud ganadera tanto para leche como para carne presentan una magnitud del 19,9 % (5.562.428 ha) y una severidad del 1,6 % (436.069 ha). Las zonas con aptitud forestal presentan una magnitud de 18,8 % (4.880.639 ha) y una severidad del 1 % (228.514 ha). Las Zidres presentan una magnitud de un 11,5 % (834.901 ha) y una severidad del 0,4 % (32.591 ha). Las zonas de concesiones para infraestructura férrea presentan un 43,8 % de su longitud con algún grado de salinización (621,8 km) y una severidad del 12,4 % (175,4 km). Las concesiones viales (carreteras) presentan una magnitud del 39,7 % (3.526,4 Km) y una severidad de 3,6 % (320,5 km).

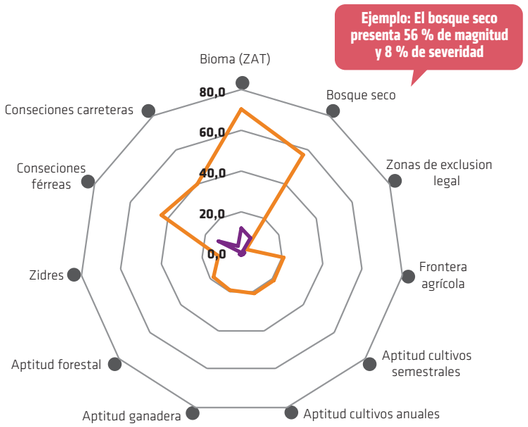


Figura 54. ~Porcentaje de magnitud y severidad de salinización por indicador de impacto.
Fuente: Elaboración propia.

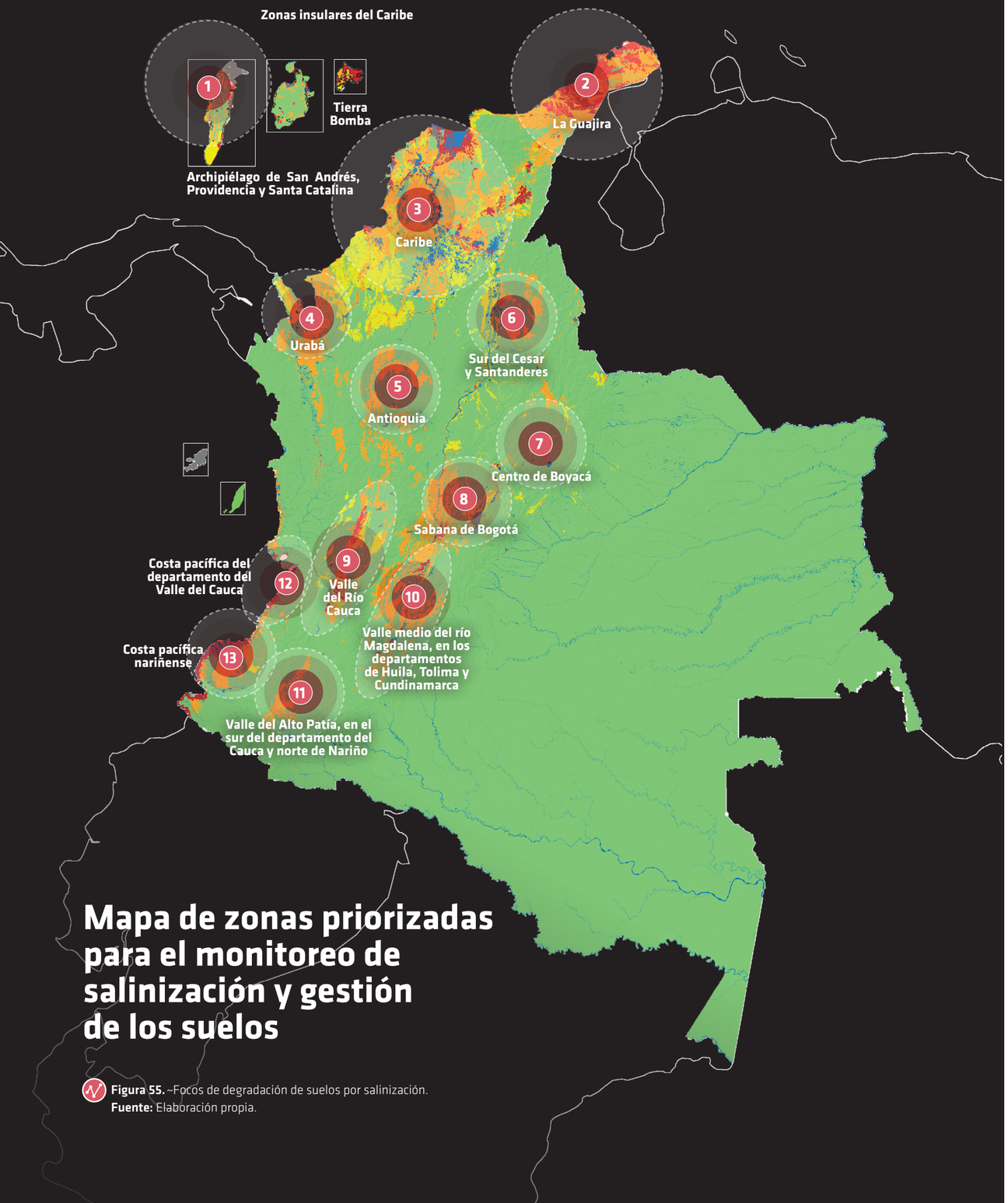
2.12 ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MONITOREO DE SALINIZACIÓN

La salinización es un proceso dinámico y varía no solo espacial y temporalmente, según las estaciones climáticas y también según movimientos de los niveles freáticos y las inundaciones, además de la influencia de prácticas de uso o manejo de los suelos.

La línea base es un panorama nacional, esta permite identificar las zonas para evaluar la variación temporal y espacial a escalas más detalladas, regionales o locales. A escala nacional se identifican algunas zonas de interés prioritarias para el seguimiento y monitoreo, en cuanto a otras más detalladas se indican a continuación.

Las zonas en donde se conjugan los factores y actividades para dar origen a acumulación de sales se consideran como "Focos de procesos de salinización". Estos focos corresponden a zonas donde se presentan grados de salinización desde moderado hasta muy severo, estas son prioritarias para la gestión sostenible de los suelos y para el seguimiento y monitoreo de los procesos de degradación de suelos por salinización. A escala nacional se identificaron 14 focos de salinización:

1. **Zonas insulares del Caribe: Comprende el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y Tierra Bomba:** Con procesos de salinización asociados a sales con materiales parentales marinos.
2. **La Guajira:** Comprende casi todo el departamento de la Guajira, corresponde a la zona más crítica por ser procesos influenciados por clima y asociados a fuentes salinas. Prácticas como la deforestación generan rápidamente degradación por salinización en esta zona.
3. **Caribe:** Comprende parte de los departamentos de Atlántico, Magdalena, y norte de Bolívar, Sucre y Córdoba, aunque en menor magnitud y severidad que La Guajira, el clima, los materiales parentales y la cercanía a aguas marinas han favorecido la presencia de salinización.
4. **Urabá:** Presenta grados de ligero a moderado, especialmente por materiales parentales y además de la influencia marina las prácticas de uso y manejo de suelos.
5. **Antioquia:** Algunos suelos presentan grados moderados por materiales parentales y manejo de suelos especialmente.
6. **Sur del Cesar y Santanderes:** Aunque con pocas extensiones presentan localmente procesos de salinización severos.
7. **Centro de Boyacá:** Se presentan suelos salinos y sulfatados ácidos, originados por aguas salinas, ambientes ricos en sulfatos y prácticas antrópicas como el drenaje.
8. **Sabana de Bogotá:** Predominan zonas con grado moderado asociadas a origen antrópico principalmente.
9. **Valle del río Cauca:** Se extiende desde el norte del departamento de Cauca, gran parte en el departamento del Valle del Cauca y alcanza parte de los departamentos de Quindío y Risaralda. Presenta diferentes tipos de salinización, en los que predomina el mixto, por acciones derivadas de manejo y favorecidas por el clima.
10. **Valle medio del río Magdalena, en los departamentos de Huila, Tolima y Cundinamarca:** Las zonas más críticas serían los distritos de riego, favorecidas por condiciones climáticas.
11. **Valle del Alto Patía, en el sur del departamento del Cauca y norte de Nariño:** Predomina el grado moderado.
12. **Costa pacífica del departamento del Valle del Cauca:** Se presentan ambientes salinos costeros.
13. **Costa pacífica nariñense:** Predominan los suelos sulfatados ácidos, en grados de moderado a muy severo.



Mapa de zonas priorizadas para el monitoreo de salinización y gestión de los suelos

Figura 55. ~Focos de degradación de suelos por salinización.
Fuente: Elaboración propia.

2.13 CONSIDERACIONES SOBRE LA SALINIZACIÓN

El realizar la línea base de degradación de suelos por salinización ha permitido conocer el estado actual de esta problemática a escala nacional, abordar la salinización con un enfoque más amplio que involucra las funciones y servicios ecosistémicos de los suelos, establecer relaciones entre los procesos, causas e impactos y generar alertas tempranas en donde aún este problema no es tan grave y pueden tomarse medidas para mitigar o detener la degradación de suelos.

Este trabajo permite romper algunos mitos relacionados sobre la salinización y genera algunas consideraciones que se destacan a continuación:

Taxonomía de suelos

Si bien la clasificación taxonómica es útil para identificar los suelos con estado de salinidad, muchos de estos no indican la taxonomía de salinidad, especialmente, por las actividades antrópicas. Es decir, la clasificación tradicional de los suelos afectados por sales no debe incluir solamente a aquellos con nombres taxonómicos que indiquen su presencia sino el estado actual de las variables químicas indicadoras. En lo concerniente a la clasificación taxonómicos de los suelos utilizada para Colombia *"Soil Taxonomy"*, elaborada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), podría presentar algunas modificaciones especialmente para suelos Dístricos *(Dystr-* o *Dystric)*, es decir aquellos con saturaciones de bases menores al 50 %, ya que varios de ellos aunque tengan su clasificación taxonómica como *"Dystric"* o *"Dystr-"* en la práctica, por procesos de aumento de sales, tienen saturaciones mayores al 50%. Adicionalmente, en la clasificación taxonómica de los suelos la sección control no corresponde a las propuestas en este trabajo. Mientras que para la línea base se tienen en cuenta los dos horizontes superiores (si existen dos o más) la sección control no tiene en cuenta en muchos casos el horizonte superficial. Suelos de la sabana de Bogotá, por ejemplo, clasificados taxonómicamente como Dystrudepts por su bajo contenido de bases en los horizontes de la sección control, en donde no se tiene en cuenta el horizonte superficial. En este estudio, algunos de ellos se clasificaron con procesos de salinización. En el caso de los Entisoles e Inceptisoles, muchos de ellos son clasificados por su espesor o poca evolución y varios no guardan relación con propiedades químicas, especialmente, de salinización.

Relación entre la reacción del suelo (pH) y conductividad eléctrica

Los datos de laboratorio demuestran que no existe una correlación entre pH y la CE. Teóricamente suelos con pH ácidos no presentarían valores de CE mayores a 2 dS/m. En la práctica suelos con valores de pH ácidos presentan valores superiores. Esto puede deberse hipotéticamente a actividades como la fertilización, o a respuesta de la génesis del suelo a los cambios ocasionados las fuerzas o presiones ejercidas sobre él. Sin embargo no podría generalizarse esta norma ya que varía para cada tipo de suelo, función de su naturaleza, clase de sal, clima y uso, entre otros factores.

Suelos magnésicos

A partir de los análisis de suelos primarios y secundarios se encontró que las saturaciones de magnesio son relativamente altas en muchos suelos de Colombia, en algunos casos, los suelos se han clasificado con algún grado de salinización solamente por la saturación de magnesio, pero en otros casos están asociados a otra clase de salinización. La mayor parte de suelos con salinización por iones de magnesio no necesariamente presentan valores de pH ni de CE altos.

Suelos calcáreos

La clasificación de suelos con contenidos de carbonatos no son solubles por lo que su identificación y cuantificación en laboratorio no es posible.



Desertificación por salinización La Guajira / 2017 / Fredy Neira.

CIFRAS

50.798.393 ha

44,6 % de los suelos de Colombia
son susceptibles a salinización

Área hidrográfica (ha)	
Magdalena-Cauca	18.046.709
Caribe	6.476.563
Pacífico	2.267.596
Orinoco	124.448
Amazonas	5.327.935

13.241.995 ha

11,7 % de los suelos de Colombia
presentan algún grado de salinización

Área hidrográfica (ha)	
Magdalena-Cauca	7.819.024
Caribe	4.193.926
Pacífico	1.094.091
Orinoco	18.661.976

De las **37.254.985 ha** de **ecosistemas secos** del país, el **95 %** es susceptible y el **27,8 %** ya presenta procesos de salinización

De las **40.072.296 ha** de **frontera agrícola** del país, el **21,3 %** presenta procesos de salinización con severidad del **1,8 %**

13.383.865 ha presentan **conflictos por sobreutilización**. El **24 %** presenta procesos de salinización con severidad del **1 %**

7.277.153 ha están propuestas como **Zidres**. **834.901 ha** presentan procesos de salinización y **32.590 ha** de grados severo y muy severo

El **26,5 %** de los **cultivos permanentes** presentan procesos de salinización con severidad del **2,8 %**

De las **513.330 ha** en **distritos de adecuación de tierras** del país, el **68,5 %** presenta procesos de salinización y de estos el **21,7 %** con grados severo y muy severo

De las **25.930.988 ha** con **aptitud forestal,** el **18,8 %** presenta procesos de salinización con severidad del **0,9 %**

De las **28.000.409 ha** con **aptitud ganadera,** el **19,9 %** presenta procesos de salinización con severidad del **1,6 %**

1.419 km de **vías férreas proyectadas**. De estas **622 km** presentan procesos de salinización y **175 km** están en grados severo y muy severo

El **26,9 %** de los **pastos para ganadería** presentan procesos de salinización con severidad del **1,5 %**

El **38,6 %** de los **cultivos transitorios** presentan procesos de salinización con severidad del **6,7 %**

Conocer el estado de degradación por salinización permite tener herramientas para la gestión de los suelos y para el logro de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con seguridad alimentaria, pobreza y disminución de la degradación de las tierras

Desertificación por mala adecuación de tierras, con procesos de erosión y salinización muy severos. Repelón, Atlántico / 2019 / Fredy Neira.

BIBLIOGRAFÍA

Almaarofi, S. S., Douabul, A. & Al-Saad H. (2012). Mesopotamian marshlands: salinization problem. *Journal of Environmental Protection,* 3(10): 1235-1301. DOI: 10.4236/jep.2012.310147.

ANH (2019). Mapa de exploraciones. Bogotá: Agencia Nacional de Hidrocarburos.

ANI (2019). Mapa de listado de concesiones carreteras. Bogotá: Agencia Nacional de Infraestructura.

ANI (2019). Mapa de listado de concesiones férreas. Bogotá: Agencia Nacional de Infraestructura.

Biggs, A. J. W., Warling, K. M., Cupples, N. & Mineham, K. (2010). *Salinity Risk Assessment for the Queensland Murray-Darling Region.* Toowoomba: Queensland Department of Environment and Resource Management.

Brady, N. C. & Weil, R. R. (2002). *The Nature and Properties of Soils,* 13th ed. Pearson Education. Delhi.

Castro, H. E. & Gómez, M. (2015). *Suelos sulfatados ácidos. El caso del valle alto del río Chicamocha* (Boyacá, Colombia). Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Castro, H. E., Gómez, M. I, Munévar, O. E. & Hernández, D. M. (2006). Diagnóstico y control de la acidez en suelos sulfatados ácidos en el distrito de riego del Alto Chicamocha (Boyacá) mediante pruebas de incubación. *Agronomía Colombiana,* 24(1): 122-130.

Chang, C. W. & Dregne, H. E. (1955). The effect of exchangeable sodium on soil properties and on growth and cation content of alfalfa and cotton. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.,* 19: 29-35.

Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S. & von Maltitz, G. (ed.). (2018). *World Atlas of Desertification.* Luxemburgo: Publication Office of the European Union.

Combatt, E. M., Palencia, G., & Marín, N. (2003). Clasificación de suelos sulfatados ácidos según azufre extraíble en los municipios del medio y bajo Sinú en Córdoba. *Temas Agrarios,* 8(2): 22-29. https://doi.org/10.21897/rta.v8i2.616

Davis, S. W., Davis, M. E., Lucchitta, I., Finkel, R. & Caffee M. (2000). Early Agriculture in the Eastern Grand Canyon of Arizona, *Geoarchaeology,* 15, 783-798.

Diamond, J. (2005). *Collapse: how societies choose to succeed or fail.* Nueva York: Viking, Penguin Group.

FAO (1965). Soils of the arid zones of Chile. FAO Soil Bulletin 1. Roma.

FAO (1971). Land degradation. FAO Soil Bulletin 13. Roma.

FAO (1973). Calcareous soils. Report of the FAO/UNDP regional seminar on reclamation and management of calcareous soils on Cairo, Egypt. FAO Soils Bulletin 21. Roma.

FAO (1976). *Prognosis of Salinity and Alkalinity*. FAO Soil Bulletin 31. Roma.

FAO (1988). Salt-Affected Soils and their Management. FAO Soil Bulletin 39. Roma.

FAO (2011). *Proceedings of the global forum on salinization and climate change* (GFSCC2010). Roma: FAO, 110 pp.

FAO (2018). Soil Pollution. A hidden reality. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO, ITPS. (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR)-Main Report. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils.

FAO-AQUASTAT (2013). Area equipped for irrigation and percentage of cultivated land. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/globalmaps/index.stm.

Frye, A. & Ruiz, E. (1960). Estudio de la salinidad de algunos suelos del Valle del Cauca. *Acta Agronómica,* 10(3-4): 255-303.

García, A. (2002). Manejo de suelos con acumulación de sales. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Manabí, Ecuador.

García, A., Borrero, J. & Gómez, C. A. (1998). Hacia una nueva clasificación de suelos en el Valle del río Cauca. *Memorias* del Seminario Taller "Hacia conceptos integrales en la conservación de suelos y aguas en la zona andina", 13-17 octubre de 1997. Palmira: CIAT (en prensa).

Villa de Leyva / 2010 / Reinaldo Sánchez López.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M. L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M. I. & Vargas, R. (ed.). (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe.* Luxemburgo: Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 176 pp.

Grupo Interinstitucional de Investigación en Suelos Sulfatados Ácidos Tropicales (Gissat) (2006). Caracterización de la problemática de los suelos sulfatados ácidos improductivos y evaluación del manejo para su habilitación agrícola. Distrito de Riego del Alto Chicamocha-Boyacá. Informe final del Proyecto UPTC-Colciencias-Usochicamocha, 220 pp.

Harris, F. S. (1916). Soil Alkali Studies: Quantities of alkali salts which prohibit the growth of crops in certain Utah soils. *Utah Agronomy Expt. Sta. Bul.* 145, 21pp.

Ideam & PNUD (2001). Estrategias para el desarrollo sostenible de la zona seca del Alto Patía. Corpoica.

Ideam (2002). Zonificación de los procesos de salinización de los suelos de Colombia. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Subdirección de Geomorfología y Suelos, 44 pp.

Ideam (2010). Mapa de Vulnerabilidad Ambiental del Territorio 2011-2040. Segunda Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático.

Ideam (2010). Mapa de Zonas susceptibles de inundación. Bogotá: Ideam.

Ideam (2012). *Mapa de Clasificación Climática,* Caldas-Lang. Bogotá: Ideam.

Ideam (2013). Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Bogotá: Ideam.

Ideam (2015). *Atlas climatológico de Colombia.* Bogotá: Ideam.

Ideam (2015). Diferencia de la temperatura media para Colombia (°C) (Ensamble Multiescenario) 2011-2040. Bogotá: Ideam.

Ideam (2015). Mapa de cambio de la precipitación (%) para Colombia (Ensamble Multiescenario). 2011-2040. Bogotá: Ideam.

Ideam (2017). Cambio mapa CLS.

Ideam (2017). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia,* escala 1:100.000, versión 2.1.

Ideam, CAR, & UDCA. (2017). Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización. Editorial punto aparte. Bogotá, Colombia, 210 pp.

Ideam, PNUD, MADS, DNP, Cancillería. (2015). Escenarios de cambio climático para precipitación y temperatura para Colombia 2011-2100. Herramientas científicas para la toma de decisiones-Estudio técnico completo. Tercera comunicación de Cambio Climático. Bogotá.

Ideam, PNUD, MADS, DNP, Cancillería. (2017). Tercera Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático: Bogotá: Ideam, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, FMAM.

Ideam, Sinchi, PNN, IGAC, MADS. (2014). *Mapa de coberturas de la tierra metodología Corine Land Cover,* adaptada para Colombia, escala 1:100.000, periodo (2010-2012).

Ideam, UDCA (2016). Contrato No. 092 de 2016.

Ideam, UDCA (2017). Contrato No. 166 de 2017.

IGAC (1994). *Estudio general de suelos del departamento del Huila.* Bogotá: IGAC.

IGAC (1997). *Estudio general de suelos del departamento de Cesar.* Bogotá: IGAC, 337 pp.

IGAC (1998). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras: departamento de Sucre.* Bogotá: IGAC, 126 pp.

IGAC (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca.* Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología, 615 pp.

IGAC (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Meta.* Bogotá: IGAC.

IGAC (2002). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Santander.* Bogotá: IGAC.

IGAC (2004). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Bolívar.* Bogotá. IGAC, 296 pp.

IGAC (2004). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño.* Bogotá: IGAC.

IGAC (2004). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Quindío.* Bogotá: IGAC, 203 pp.

IGAC (2004). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Tolima.* Bogotá: IGAC.

IGAC (2005). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá,* tomo 1. Bogotá: IGAC, 410 pp.

IGAC (2007). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Antioquia.* Bogotá: IGAC.

IGAC (2007). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Norte de Santander.* Bogotá: IGAC, 304 pp.

IGAC (2008). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Atlántico.* Bogotá: IGAC, 337 pp.

IGAC (2009). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Cauca.* Bogotá: IGAC, 556 pp.

IGAC (2009). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Córdoba.* Bogotá: IGAC, 501 pp.

IGAC (2009). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de La Guajira.* Bogotá: IGAC., 492 pp.

IGAC (2011). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Chocó.* Bogotá: IGAC., 330 pp.

IGAC (2013). *Mapa digital de conflictos de uso, República de Colombia,* escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

IGAC (2014). *Manejo de suelos colombianos.* Bogotá: IGAC.

IGAC (2015). Suelos y tierras de Colombia (tomo 1, 545 pp., tomo 2, 854 pp.). Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología.

INFFER (2013). Investment Framework for Environmental Resources. http://www.inffer.com.au.

IPBES (2018). The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Montanarella, L., Scholes, R., and Brainich, A. (ed.). Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 744 pp.

Kelley, W. P. (1951). *Alkali soils.* Nueva York: Reinhold Publ. Corp.

MADS. (2016). *Política para la gestión sostenible del suelo.* Bogotá: MADS.

Magistad, O. C., Ayers, A. D., Wadleigh, C. H., & Gauch, H. G. (1943). Effect of salt concentration, kind of salt and climate on plant growth in sand culture. *Plant Physiol.,* 18, 151-166.

MAVT. (2004). Plan de acción de lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia. Bogotá: MAVT.

Memorias del Primer Taller Nacional sobre Degradación de Suelos y Tierras (PTNSD). Marco conceptual y metodológico, 18 y 19 de marzo de 2010.

Mercado, F. T., Ortega, E. M., Arenas, T. A., & Combatt, C. E. (2011). Dinámica de sales en el distrito de riego La Doctrina, Colombia. En IDESA, 29(11), 83-90.

Narváez, M., H., Combatt, C. E., & Bustamante Barrera, I. (2014). Distribución espacial de la salinidad en suelos del área de influencia de la desembocadura del río Sinú (Córdoba, Colombia). *Rev. UDCA Act. & Div. Cient.,* 17(2), 433-443.

Pöyry. (2013). Opportunity Lost: Mitigating risk and making the most of your land assets; an assessment of the exposure of business to land degradation risk and the opportunities inherent in sustainable land management. *The Economics of Land Degradation.*

Quillérou, E. & Thomas, R. J. (2012). Costs of land degradation and benefits of land restoration: A review of valuation methods and their application. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources.

Ramos, G. (1951). La caña de azúcar. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 77 pp.

Reisner, M. (1986). Cadillac Desert: The American West and Its Disappearing Water. Nueva York: Viking.

Sandor, J. A. & Homburg, J. A. (2017). Anthropogenic soil change in ancient and traditional agricultural fields in arid to semiarid regions of the americas. *Journal of Ethnobiology,* 37(2), 196-217.

SIAC. (2019). Mapa de Distritos de conservación de suelos. En: http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas. Agosto de 2019.

Squires, V. R. & Glenn, E. P. (2011). Salinization, Desertification and Soil Erosion. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), (ed.), The Role of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries in Human Nutrition, v.III.

Thomas, D. S. G., & Middleton, N. J. (1994). Desertification. Exploding the Myth. Chichester: John Wiley & Sons, 185 p.

Toro, S. I., Contreras, A. A., Murcia, C. G., Neira, M. F., Pedraza, T. R., Rodríguez, G., Rodríguez, C. J., Ortiz, O. L. & Villada A. J. (2016). Impacto de la inundación y rehabilitación de los suelos del sur del Atlántico. En Manuel Alvarado (ed.). *Sur del Atlántico. Una nueva oportunidad.* Barranquilla: Fundación Promigás.

UPRA (2014). *Mapa de zonificación de aptitud para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia,* escala 1:100.000.

UPRA (2016). *Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de papa, primer y segundo semestre agrícola,* escala 1:100.000.

UPRA (2017). *Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo Comercial de maíz tecnificado de clima cálido, primer y segundo semestre agrícola,* escala 1:100.000.

UPRA (2017). *Mapa de zonificación de aptitud para el cultivo comercial de papaya en Colombia,* escala 1:100.000.

UPRA (2018). *Mapa de áreas de referencia como insumo para la identificación de las Zidres,* escala 1:100.000.

UPRA (2018). *Mapa de distritos de adecuación de tierras.*

UPRA (2018). *Mapa de Identificación general de la frontera agrícola en Colombia,* escala 1: 100.000.

UPRA (2019). *Mapa de Zonificación de aptitud para la producción de carne y leche bovina en pastoreo para el mercado nacional y de exportación en Colombia,* escala 1:100.000.

USDA (2006). *Keys to soil taxonomy by soil survey staff.* 10th ed. Washington: United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.

WRI. (2005). Evaluación de los Ecosistema del Milenio. Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre Desertificación. Washington: World Resources Institute.

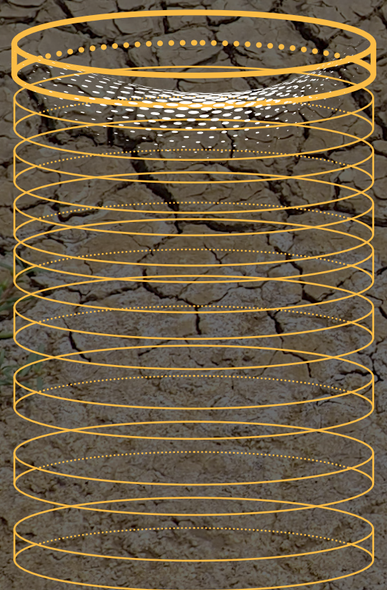
Wulf, A. (2017). *La invención de la naturaleza.* Bogotá: Penguin Random House, 578 pp.

Zekri, S., Al-Rawahy, S. A. & Naifer, A. (2010). Socio-economic considerations of salinity: Descriptive statistics of the Batinah sampled farms. In Mushtaque, A., Al-Rawahi, S. A., Hussain, N. (ed.). *Monograph on Management of Salt-Affected Soils and Water for Sustainable Agriculture;* Sultan Qaboos University.

Zewdu, S., Suryabhagavan, K. V. & Balakrishnan, M. (2017). Geo-spatial approach for soil salinity mapping in Sego Irrigation Farm, South Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences,* 16 (1):16-24.

¡Mantener suelos sanos es un compromiso de todos y es para el beneficio de todos!

IV. ATLAS



ATLAS DEPARTAMENTAL DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN 139

Antioquia 140
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina 142
Atlántico 144
Bolívar 146
Boyacá 148
Caldas 150
Casanare 152
Cauca 154
Cesar 156
Chocó 158
Córdoba 160
Cundinamarca 162
Huila 164
La Guajira 166
Magdalena 168
Nariño 170
Norte de Santander 172
Quindío 174
Risaralda 176
Santander 178
Sucre 180
Tolima 182
Valle del cauca 184

Salinización Muy severa. Repelón, Atlántico / Fredy Neira.

ATLAS DEPARTAMENTAL

DE INDICADORES DE DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN



Formación de Jarosita en suelos sulfatados ácidos. Boyacá / 2016 / Fredy Neira.

El primer "Atlas departamental de indicadores de degradación de suelos por salinización" presenta el estado de la degradación, sus causas y consecuencias, obtenido de una zonificación y análisis integral abordado desde los componentes económico, ecológico, social, cultural y político-administrativo.

El Atlas está elaborado y sustentado con la información oficial de diferentes instituciones (IGAC, UPRA, Ideam, ANH, ANI) y es considerado la "Línea base de la degradación de suelos por salinización en Colombia a escala 1:100.000".

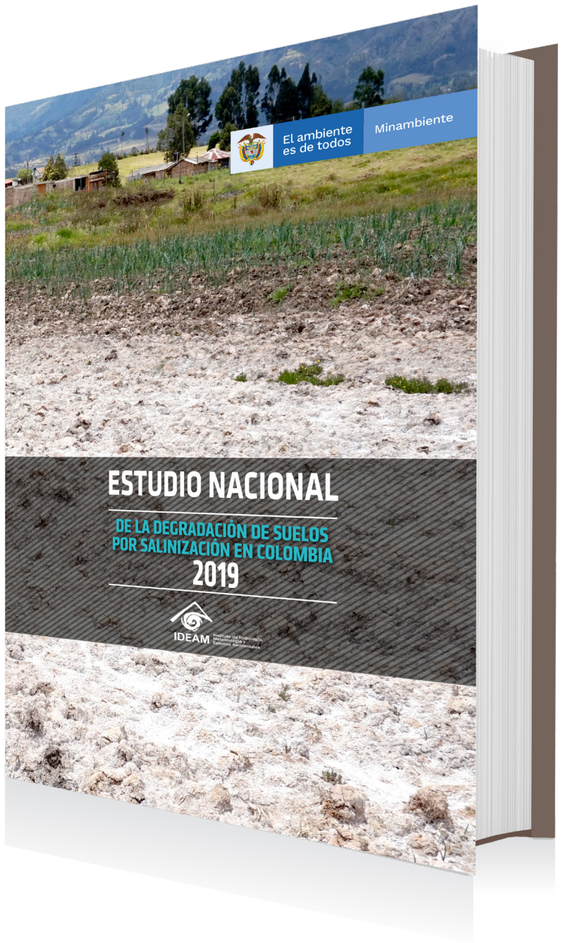
¿Cuál es el propósito?

El Atlas permite obtener de una manera sencilla y práctica datos de resultados del estudio de la degradación de suelos por salinización ya que facilita a los tomadores de decisiones su comprensión, sensibilización y priorización de acciones para detener y prevenir esta amenaza. El Atlas invita a motivar a las entidades e instituciones que tienen injerencia en esta problemática ambiental para que profundicen este estudio a escalas más detalladas, así como a hacer el seguimiento y los monitoreos de estos procesos de degradación de suelos, en el marco del programa de seguimiento y monitoreo a la calidad del recurso suelo que lideran el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ideam.

¿Qué contiene cada unidad de análisis?

Para cada unidad de análisis se presenta

- La zonificación de la degradación de suelos por salinización a través de los indicadores de estado: grados de salinización, clases de salinización, magnitud y severidad de la salinización y focos de salinización, representados estadística y cartográficamente.
- La evaluación de la degradación de suelos por salinización a través de las causas y consecuencias del problema ambiental, que se representan mediante gráficas radiales que permiten un análisis integral por componentes e indicadores de presión e impacto.



Departamento

ANTIOQUIA

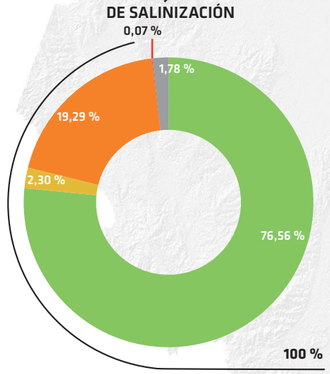
Área / 6.296.306 ha

Capital / Medellín

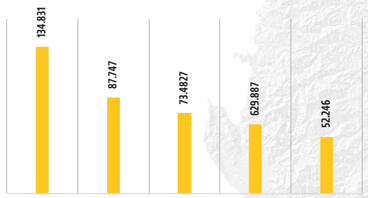
~

El 21,66 % del departamento presenta algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia, con el 19,29 %; la severidad afecta el 0,07 % de los suelos de Antioquia.

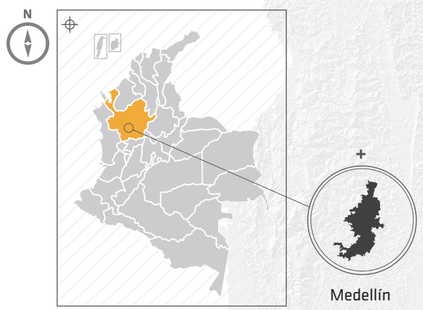
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN



MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados



Magnitud

21,66 %

1.363.688 ha

Severidad

0,07 %

4.346 ha

MEDELLÍN

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

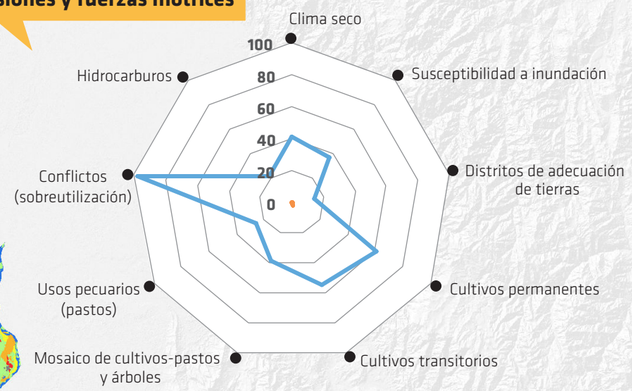
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

En Antioquia se presentan grados de salinización de ligero a muy ligero, principalmente relacionados con la sobreutilización de los suelos. El 98,57 % de las tierras en conflictos de uso se encuentran con algún grado de salinización y de estas el 0,11 en grado severo. Los cultivos transitorios y permanentes, han ejercido una presión considerable en la salinización. El 61,14 % de las zonas con cultivos permanentes, presenta algún grado de salinización de sus suelos, y el 54,8 % de las zonas con cultivos transitorios, esta última tiene un 1,92 % de severidad. En cuanto al clima, como una causa indirecta, el 41,6 % de las tierras en climas secos presenta algún grado de salinización y el 0,26 % grado severo.

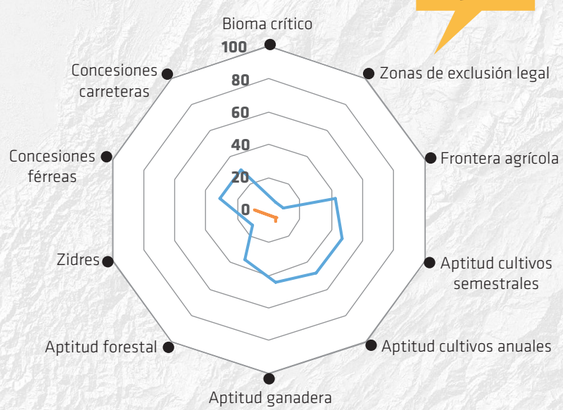
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización impacta las tierras aptas para agricultura. Las zonas con aptitud para cultivos semestrales presentan el 33,9 % de magnitud y el 0,5 % de severidad, las zonas aptas para cultivos anuales presentan un 33,2 % de sus suelos con algún grado de salinidad. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el orobioma subandino, en el cual el 7 % de sus suelos presenta algún grado de salinización. En infraestructura, las concesiones férreas se ven afectadas en un 29,1 % de magnitud y 11,4 % de severidad.

Impactos



Departamento

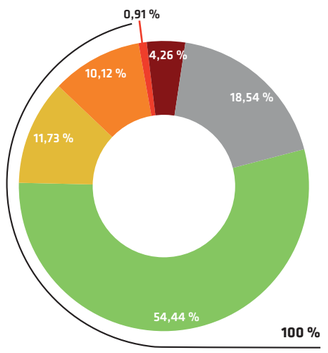
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

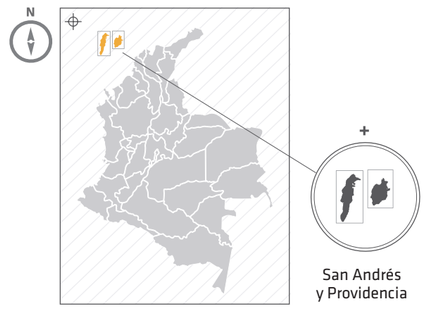
Área / 4.972 ha

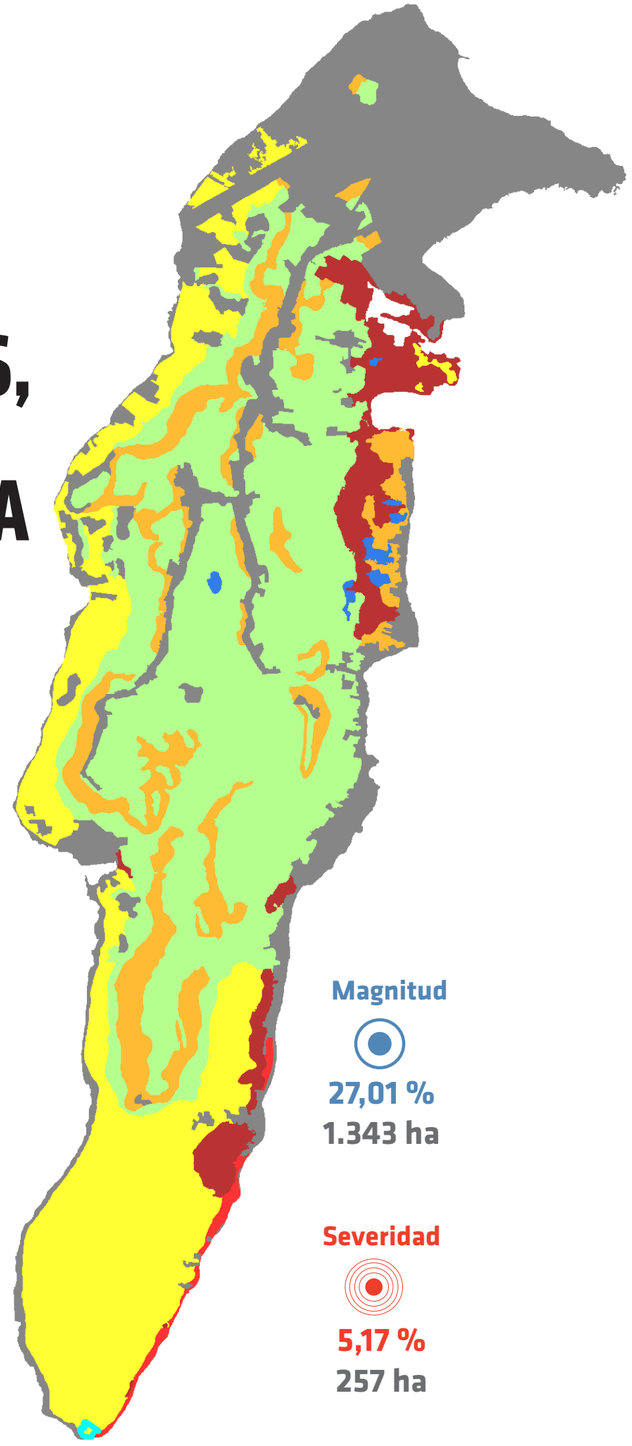
~

De las islas San Andrés, Providencia y Santa Catalina el 27,01 % presenta magnitud y el 5,17 % grados severo y muy severo.

PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN







Magnitud

27,01 %

1.343 ha

Severidad

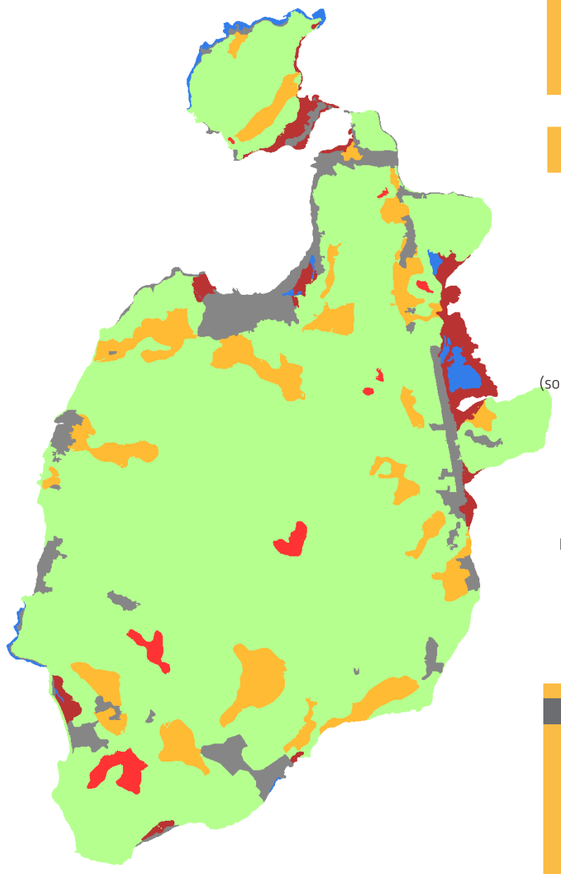
5,17 %

257 ha

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

GRADO DE SALINIZACIÓN

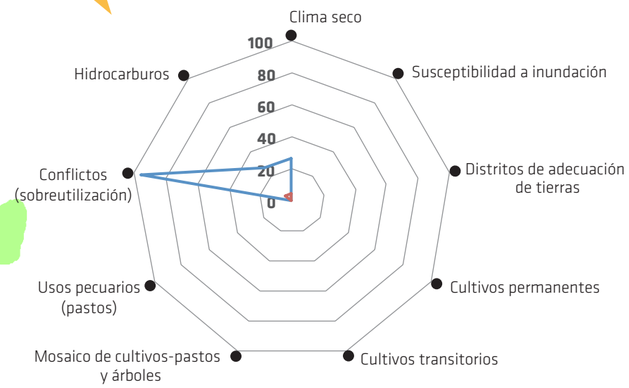
Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua



CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

La principal presión en el departamento es el conflicto de uso por sobreutilización, donde el 95,59 % de los suelos sobreutilizados presentan algún grado de salinización; en los suelos del clima seco, el 27,29 % tiene algún grado de salinización, de los cuales el 5,13 % presenta grados severo y muy severo.

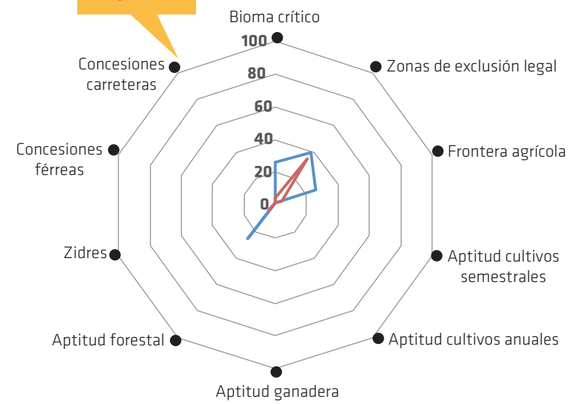
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 38 % de los suelos de las zonas de exclusión legal; el 34 % de estos presenta grados severo y muy severo. Los suelos de la frontera agrícola presentan salinización en el 27 % de su área y severidad en el 5%. Los suelos de aptitud forestal presentan el 27 % con algún grado de salinización y el 5,2 % de estos con grados severo y muy severo. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma alternohígrico tropical, del cual el 24,6 % de sus suelos presenta algún grado de salinización y el 2,9 % grados severo y muy severo.

Impactos



Departamento

ATLÁNTICO

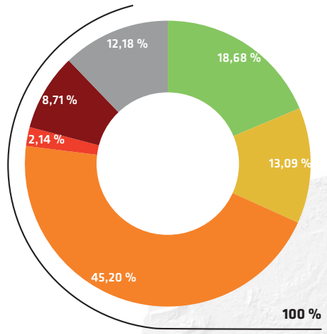
Área / 332.198 ha

Capital / Barranquilla

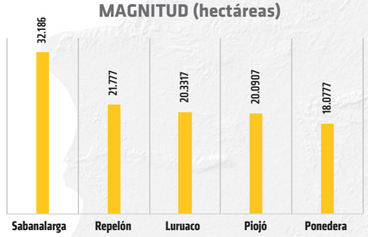
~

El 69,19 % de los suelos del departamento, presentan algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 45,2 %; la severidad afecta el 10,5 % de los suelos.

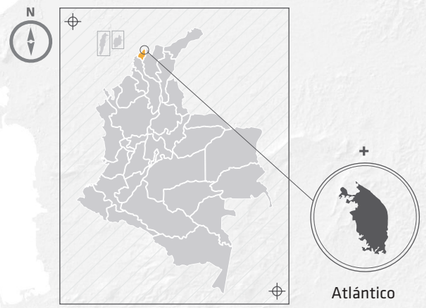
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN



MAGNITUD (hectáreas)



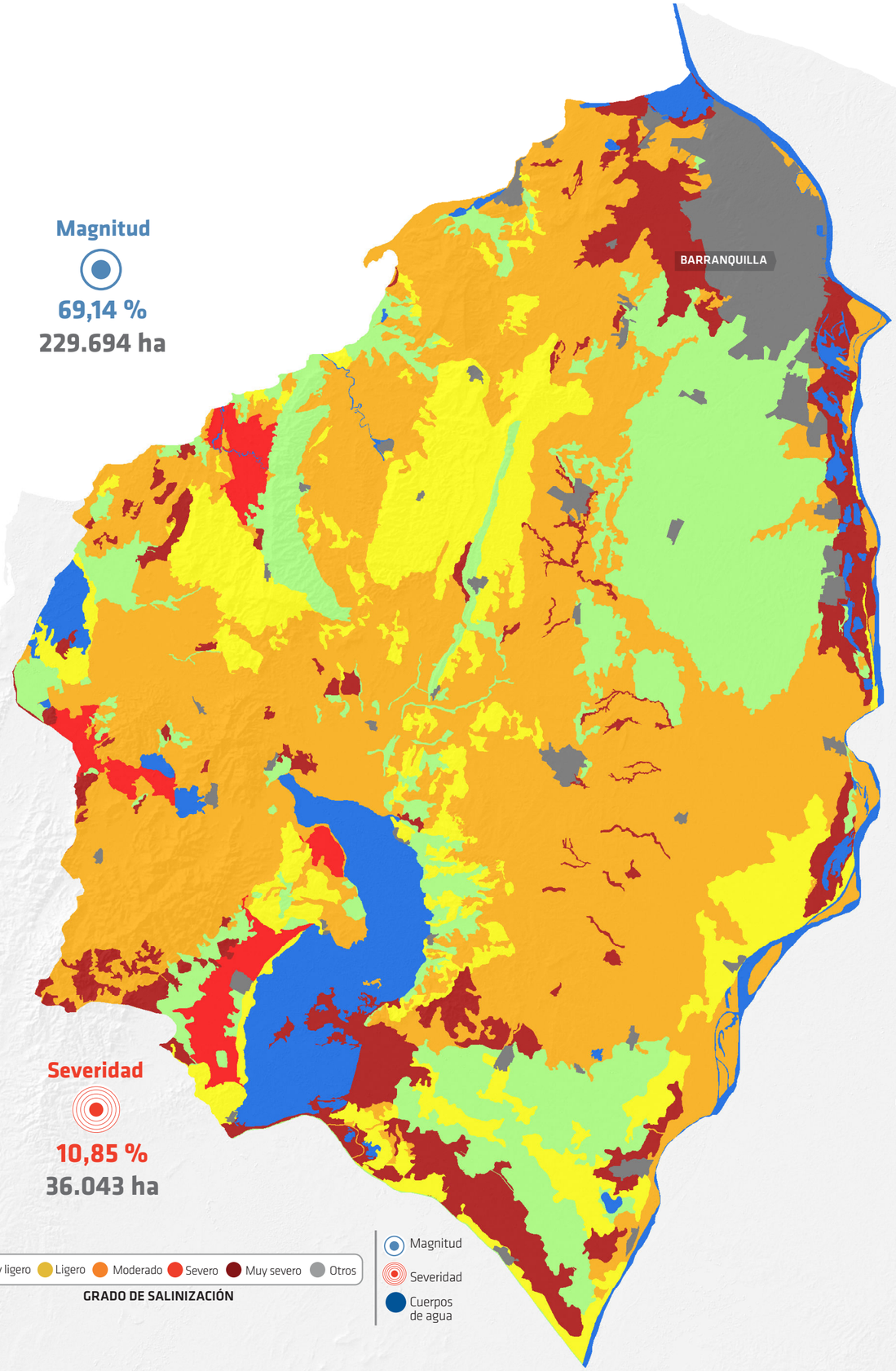
Municipios más afectados



Magnitud

69,14 %

229.694 ha



Severidad

10,85 %

36.043 ha

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

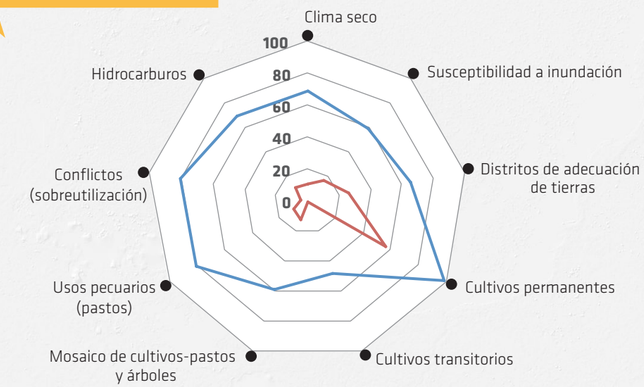
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

Atlántico presenta todos los grados de salinización. El clima seco como causa indirecta influye en que el 69,19 % de las zonas con esta característica presenten algún grado de salinización y de estas el 10,87 % sean severos y muy severos. Las causas antrópicas de mayor presión son los cultivos permanentes, que cuentan con el 100 % de los suelos del área con algún grado de salinización y el 57,47 % presenta severidad a esta y, los usos pecuarios (suelos con pastos), donde a causa de la deforestacion y las malas prácticas de manejo de suelos.El 80,77 % de los suelos presenta algún grado de salinización, siendo el 9,82 % severo y muy severo.

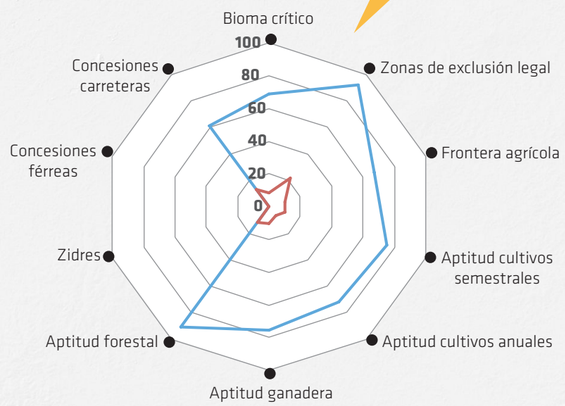
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización impacta los suelos con aptitud forestal, con el 91,1 % de magnitud y el 12,2 % de severidad. Las tierras con aptitud agropecuaria también se ven afectadas. El 75,15 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales presenta algún grado de salinización, el 10,34 % está afectado por grados severo y muy severo. Los suelos con aptitud ganadera se encuentran afectados por algún grado de salinización en un 75,4 % de su área, de este porcentaje, el 10,3 % tiene severidad. Los suelos con aptitud para cultivos anuales presentan el 72,2 % de magnitud y el 6,5 % de severidad a la degradación de suelos por salinización. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma alternohígrico tropical, del cual el 68,8 % de sus suelos presenta algún grado de salinización y el 8,7 % los grados severo y muy severo.

Impactos



Departamento

BOLÍVAR

Área / 2.665.958 ha

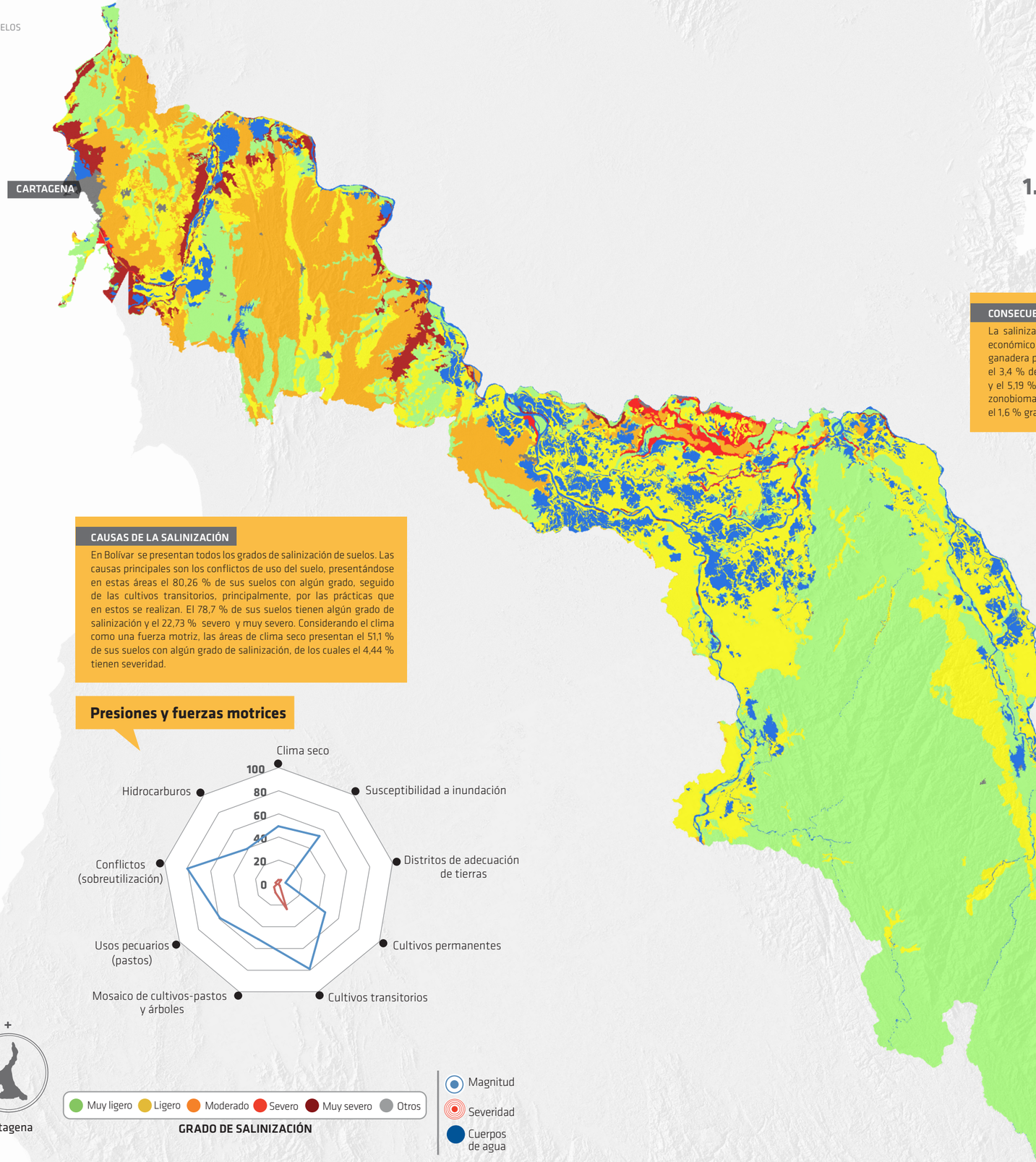
Capital / Cartagena

~

El 41,62 % del departamento presenta algún grado de salinización, siendo el ligero el de mayor incidencia con el 25,11 %; la severidad afecta en el 3,0 % de los suelos.

Magnitud
41,62 %
1.111.276 ha

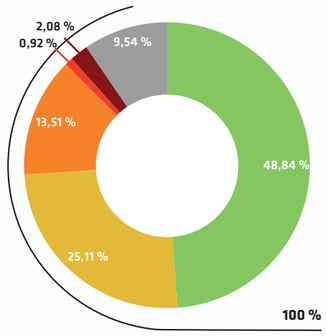
Severidad
3 %
80.213 ha



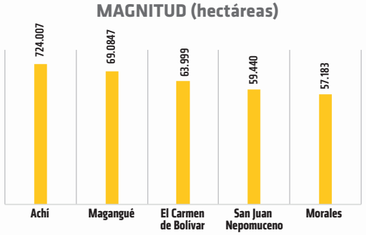
CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización impacta el 77,61 % de los suelos de las zonas de interés para el desarrollo rural, económico y social, donde el 5,19 % presenta grados severo y muy severo. Los suelos con aptitud ganadera presentan un 64,80 % con algún grado de salinización y los grados severo y muy severo en el 3,4 % del área. En las tierras con aptitud para cultivos semestrales hay el 64,86 % de magnitud y el 5,19 % de severidad. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma alternohígrico tropical, del cual el 18,5 % de sus suelos tiene algún grado de salinización y el 1,6 % grados severo y muy severo.

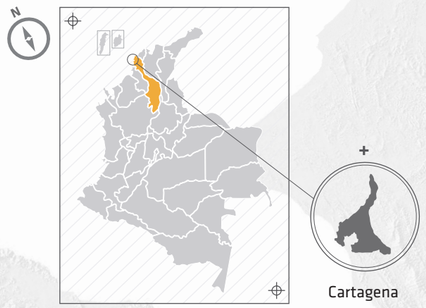
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN



MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados

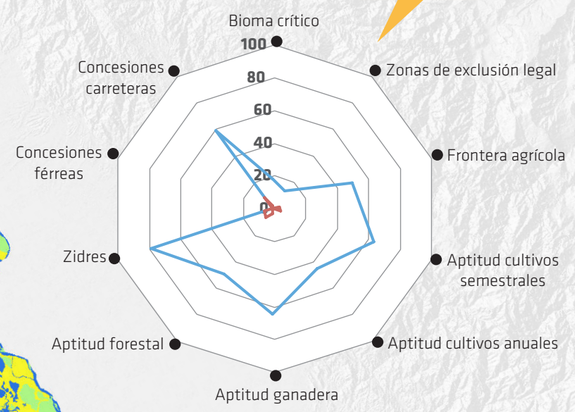


CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

En Bolívar se presentan todos los grados de salinización de suelos. Las causas principales son los conflictos de uso del suelo, presentándose en estas áreas el 80,26 % de sus suelos con algún grado, seguido de las cultivos transitorios, principalmente, por las prácticas que en estos se realizan. El 78,7 % de sus suelos tienen algún grado de salinización y el 22,73 % severo y muy severo. Considerando el clima como una fuerza motriz, las áreas de clima seco presentan el 51,1 % de sus suelos con algún grado de salinización, de los cuales el 4,44 % tienen severidad.

Presiones y fuerzas motrices

Impactos



Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

Departamento

BOYACÁ

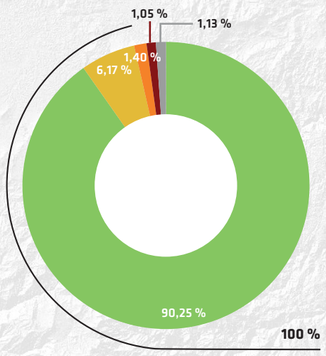
Área / 2.317.531,30 ha

Capital / Tunja

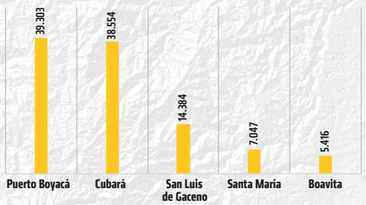
~

El 8,62 % del departamento, presenta algún grado de salinización, siendo el ligero el de mayor incidencia con el 6,17 %; la severidad afecta el 1,05 % de los suelos de Boyacá.

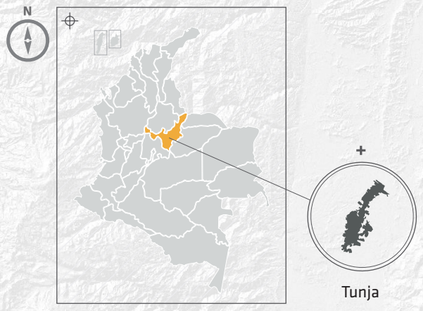
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN



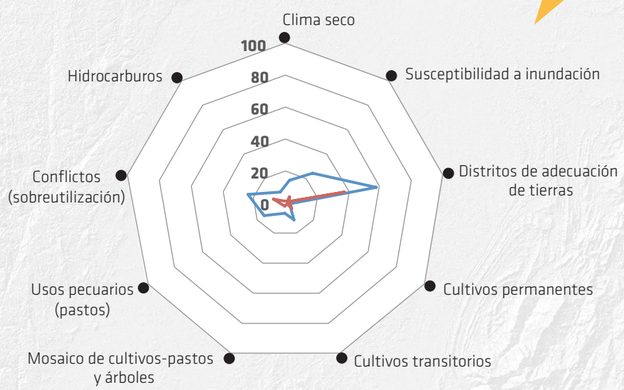
MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados

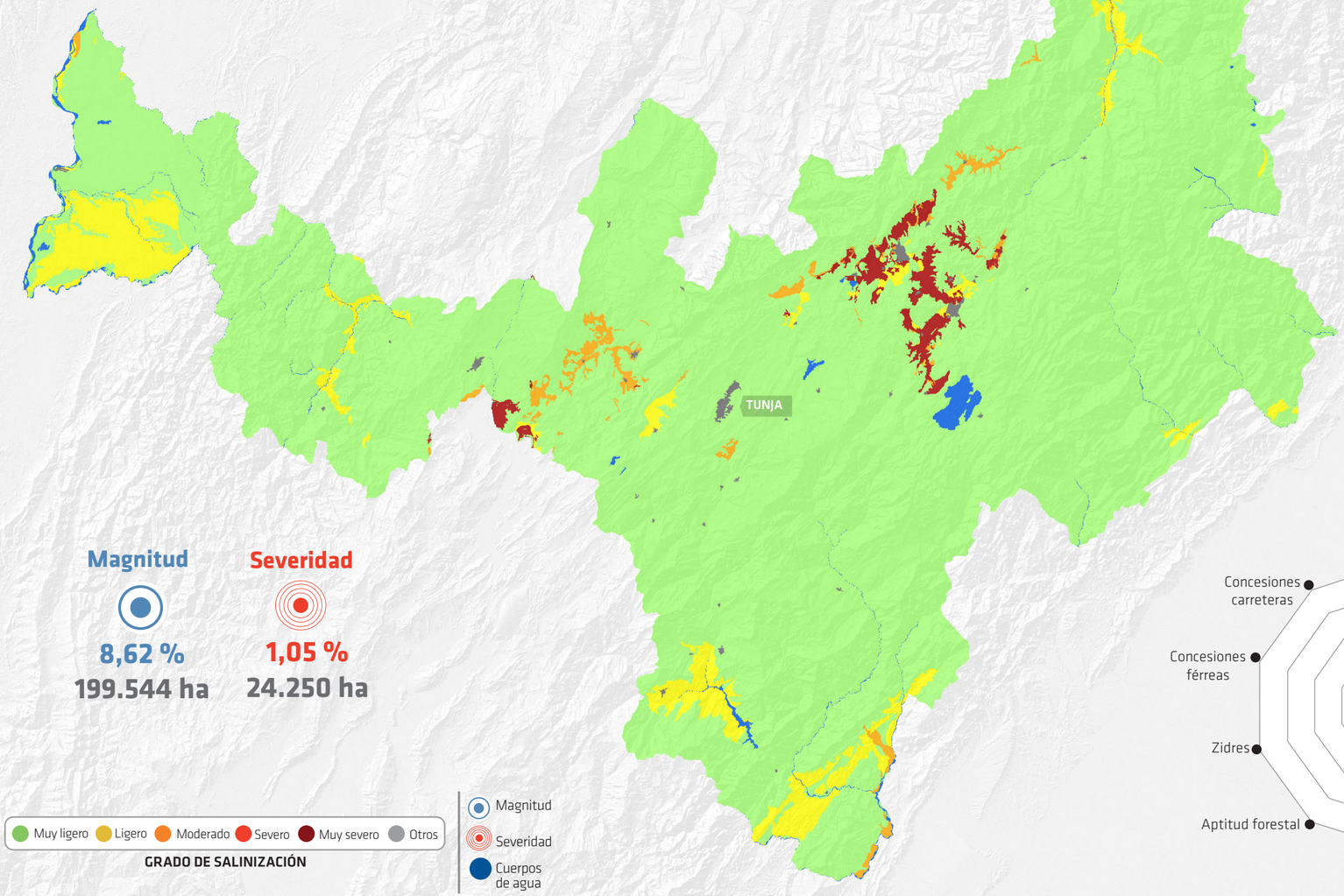


Presiones y fuerzas motrices



CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

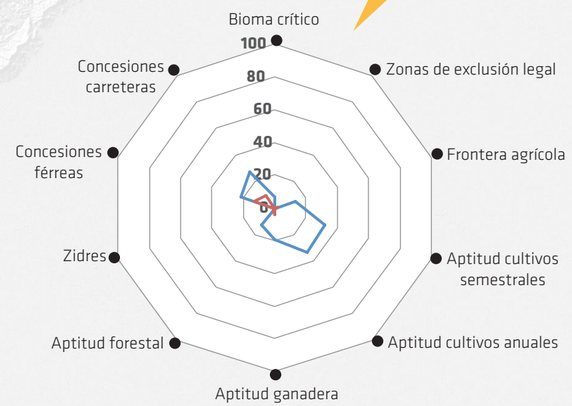
En Boyacá, el estado actual de la salinización, ocurre principalmente, en los distritos de adecuación de tierras; de estos el 56,86 % presenta magnitud y el 36,23 % con grado muy severo de degradación. Como ejemplo el caso de los suelos sulfatados ácidos que se encuentran cerca del Pantano de Vargas. En los suelos con conflictos por sobreutilización el 26,5 % presentan algún grado de salinización y de estos el 9,9 % grado muy severo.



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 33,8 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales y el 33,1 % de los suelos con aptitud para cultivos anuales; de estos, el 5 % en grados severo y muy severo. Los suelos que se encuentran en concesiones de carreteras presentan un 26,5 % de magnitud. El 8,9 % presenta grados severo y muy severo. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma húmedo tropical, del cual el 6,8 % tiene salinización en grado ligero o moderado.

Impactos



Magnitud
8,62 %
199.544 ha

Severidad
1,05 %
24.250 ha

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

Departamento

CALDAS

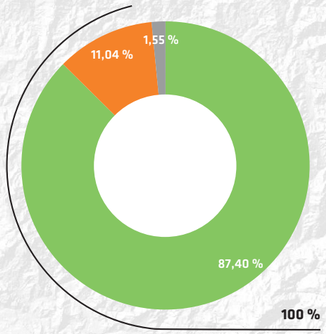
Área / 743.889,79 ha

Capital / Manizales

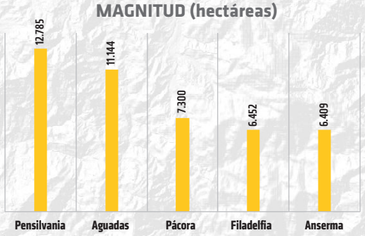
~

El 11,05 % de los suelos de Caldas presenta algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 11,04 %. En este departamento aún no se evidencian los grados severo y muy severo.

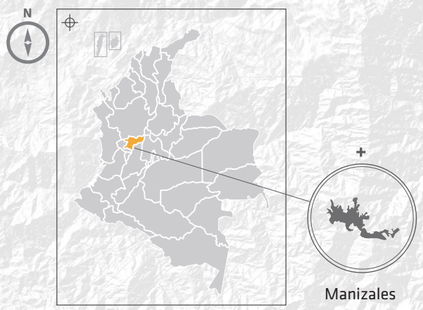
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN



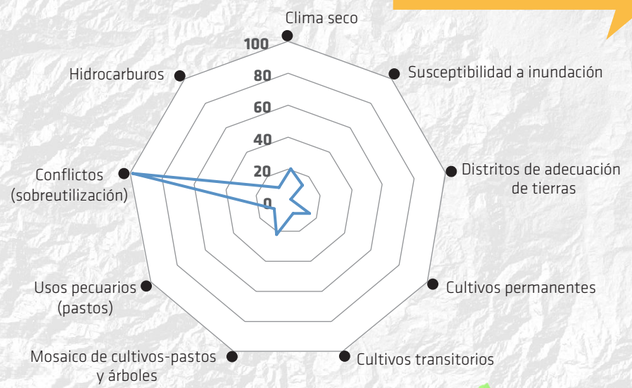
MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados



Presiones y fuerzas motrices



CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

En Caldas se presentan grados de salinización ligero y moderado. La principal presión sobre los suelos la ejercen los conflictos de uso, con el 99,74 % de los suelos afectados. En las zonas de clima seco, los suelos presentan el 19,8 % de degradación por salinización.

Impactos

CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta los suelos de las concesiones férreas en un 33,5 %. Aquellos con aptitud forestal presentan el 16,8 % de magnitud; se encuentran afectados en un 10,2 % de los suelos con aptitud ganadera y 16,3 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales. En el componente ecosistémico, la mayor afectación esta en el orobioma subandino, con el 10,6 % de sus suelos en grados ligero a moderado.

Departamento

CASANARE

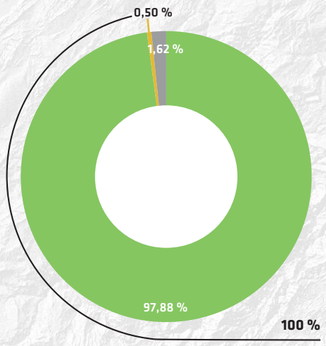
Área / 4.434.139,25 ha

Capital / Yopal

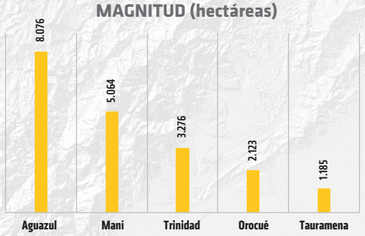
~

El 0,50 % de los suelos del departamento, presenta magnitud de degradación por salinización. Sólo se presenta el grado ligero.

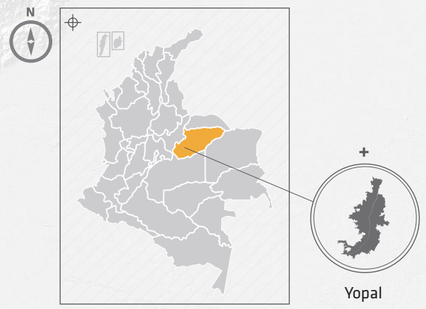
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

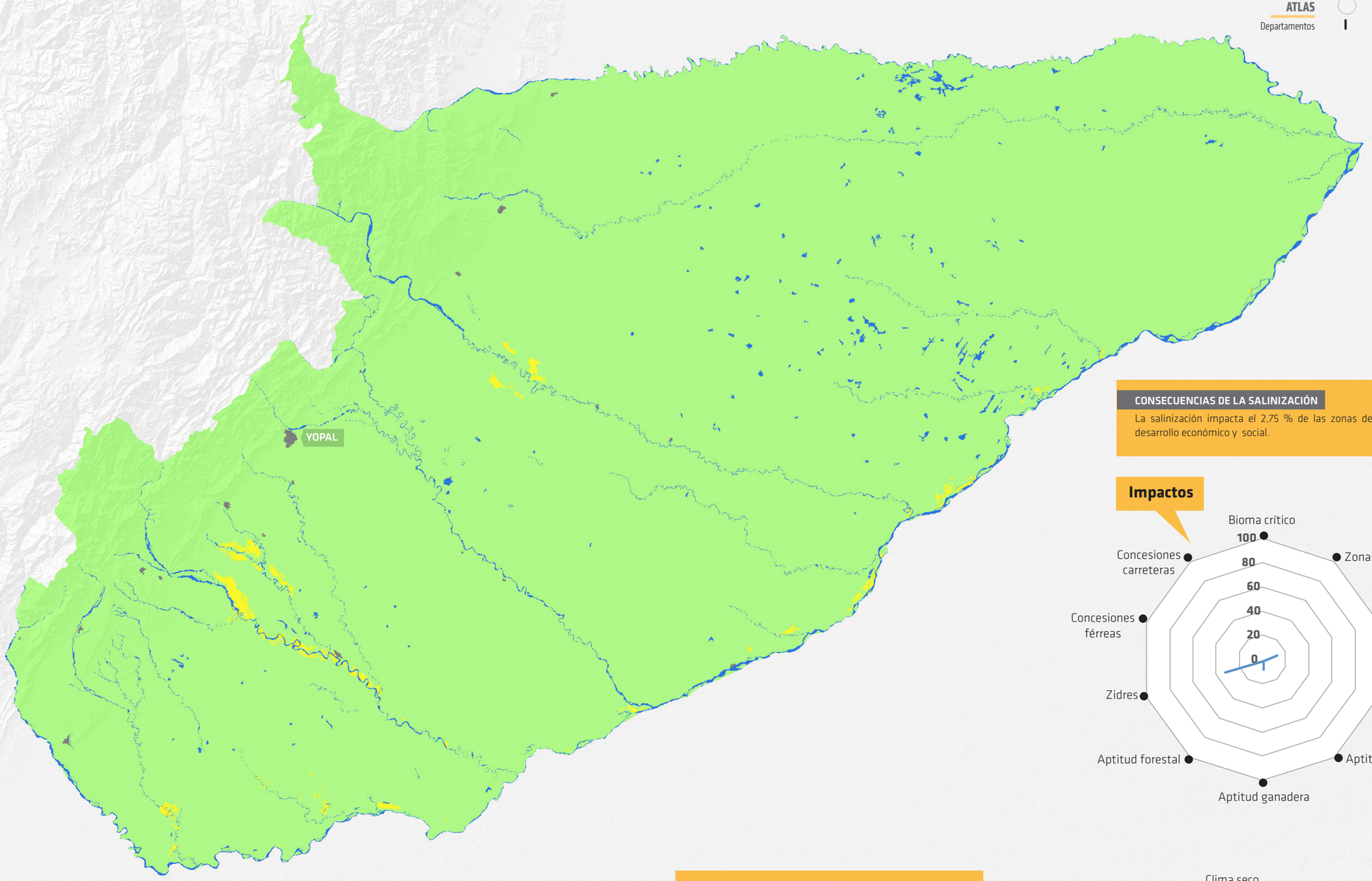


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados





Magnitud

0,50 %

22.128 ha

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

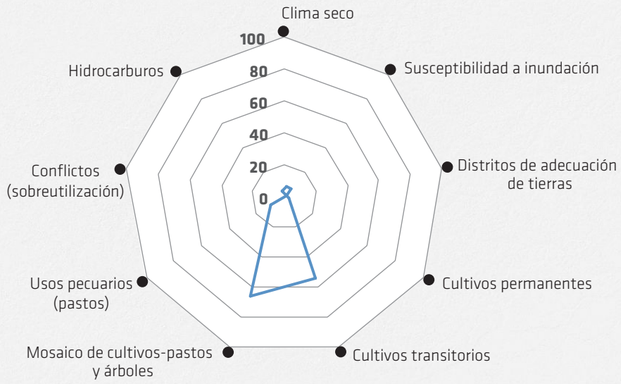
La salinización impacta el 2,75 % de las zonas de interés para el desarrollo económico y social.

Impactos

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

La principal presión identificada de los suelos, recae en la cobertura de cultivos, pastos y árboles, donde se implementan diferentes prácticas de manejo. En estas áreas se presenta el 6,68 % con grado ligero. Los suelos con cultivos transitorios, presentan el 5,47 % de magnitud.

Presiones y fuerzas motrices



Departamento

CAUCA

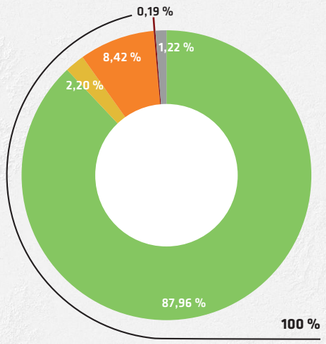
Área / 3.124.940 ha

Capital / Popayán

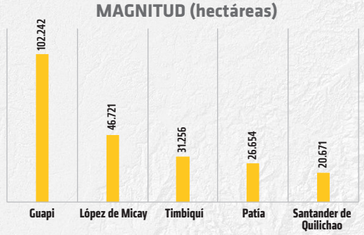
~

El 10,81 % de los suelos del departamento, presentan algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 8,42 %; la severidad se presenta en el 0,19 % de los suelos del Cauca.

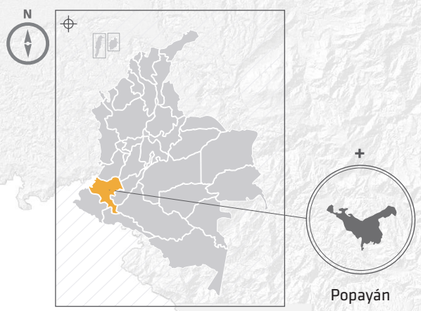
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

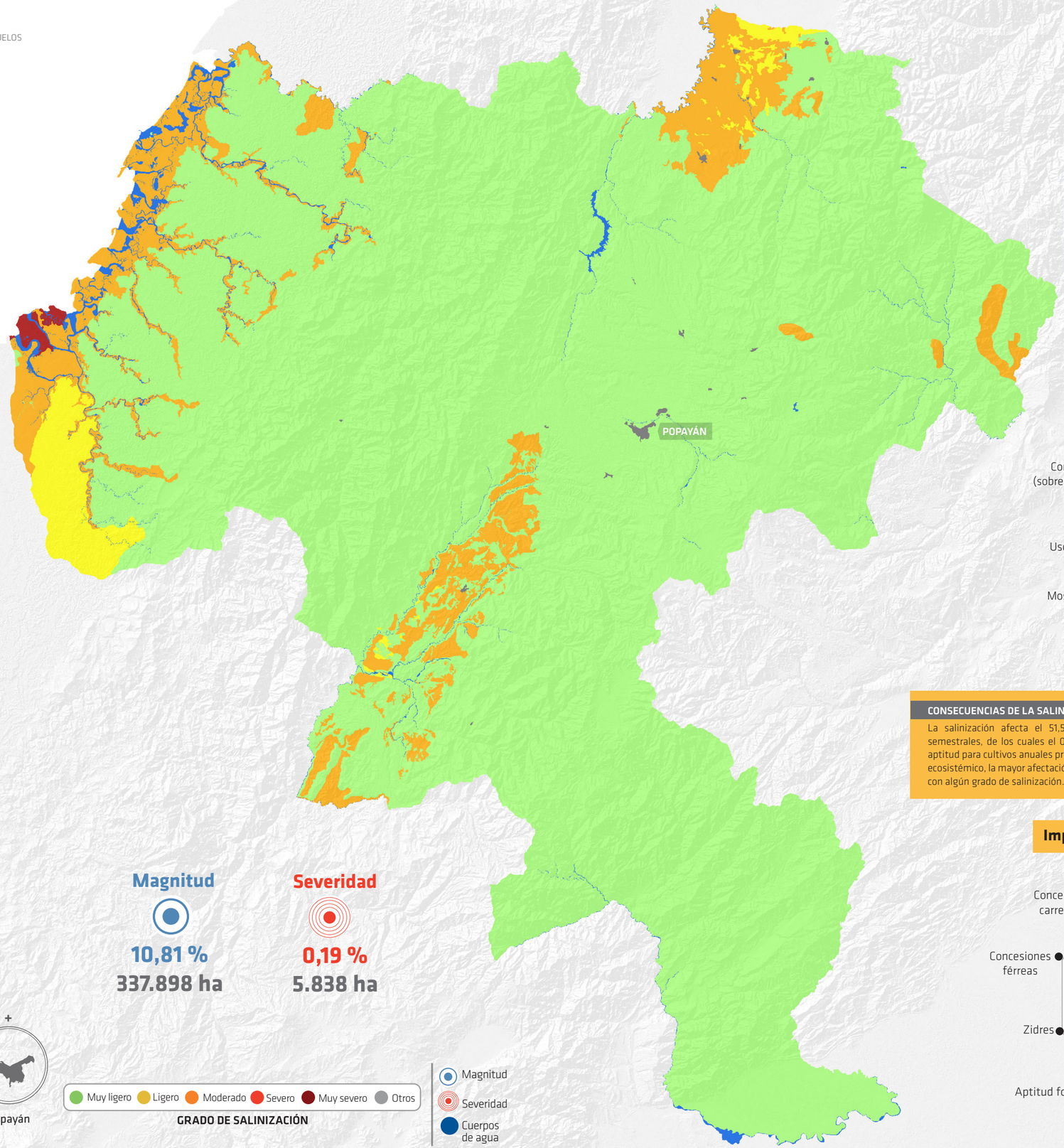


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados





Magnitud

10,81 %

337.898 ha

Severidad

0,19 %

5.838 ha

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

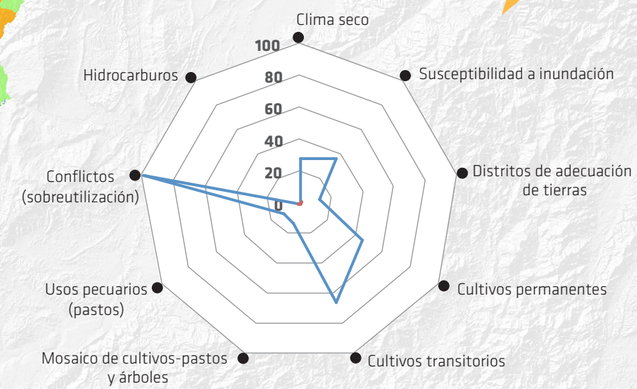
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

En el departamento del Cauca, las principales presiones son la sobreutilización de los suelos (conflictos) y los cultivos transitorios, que presentan el 99,38 % de magnitud y el 66,35 % severidad. La susceptibilidad a la inundación representa una presión considerable, en el 36,9 % de las zonas inundables con algún grado de salinización.

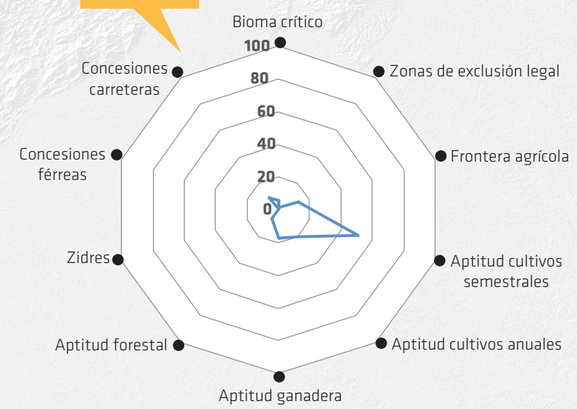
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 51,57 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales, de los cuales el 0,16 % presenta grado muy severo; las zonas con aptitud para cultivos anuales presentan el 0,8 % con magnitud. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el helobioma, con un 5,1 % de su área con algún grado de salinización.

Impactos



Departamento

CESAR

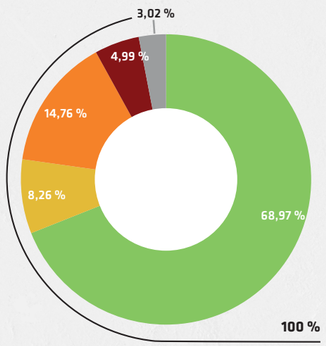
Área / 2.256.217 ha

Capital / Valledupar

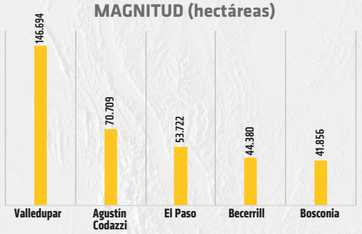
~

El 28,01 de lo suelos del departamento, presentan algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 14,76 %; la severidad se encuentra en el 4,99 % del Cesar.

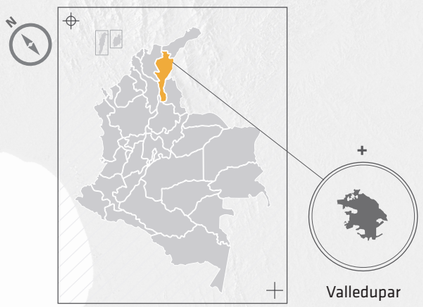
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

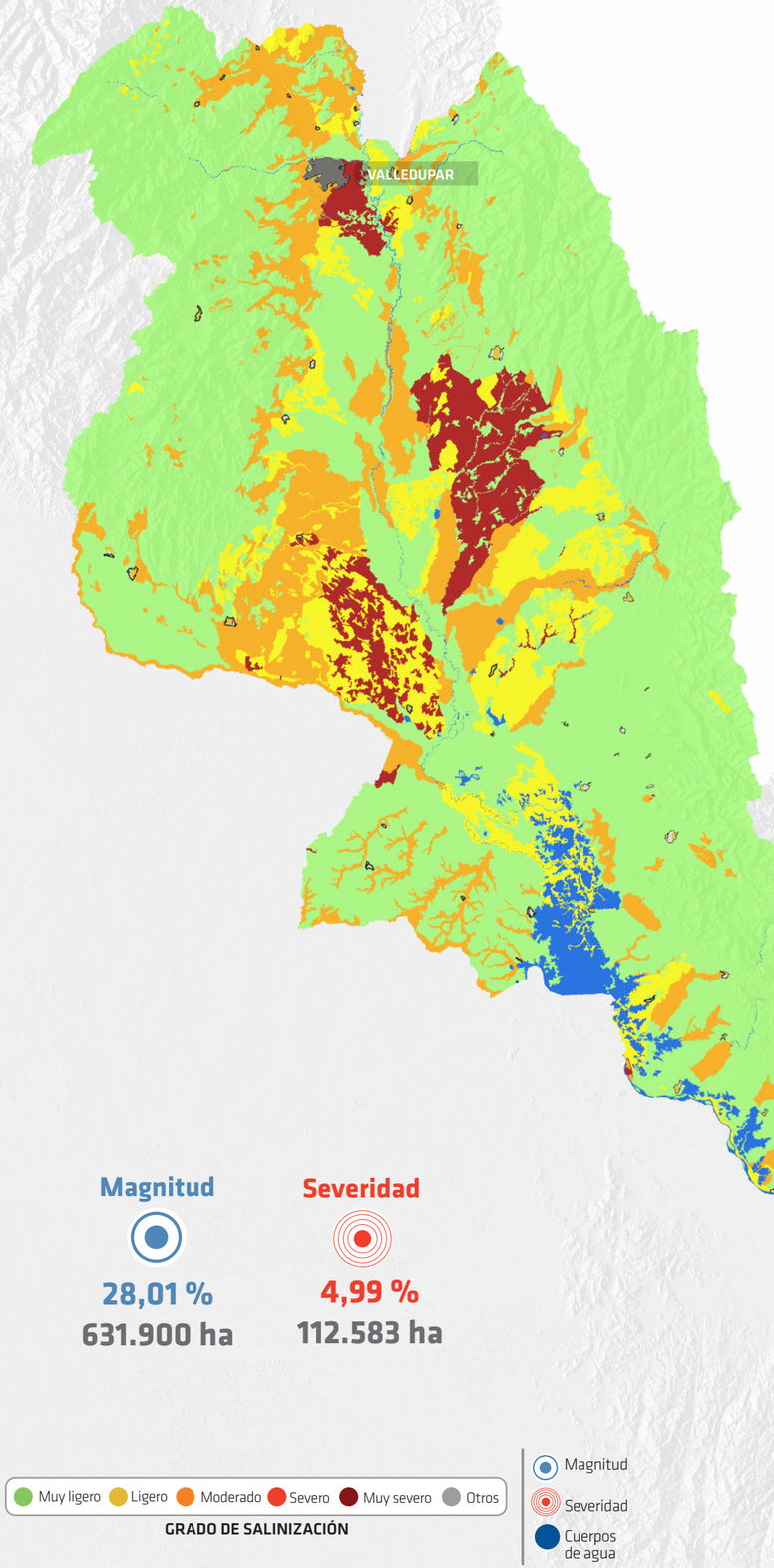


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados





Magnitud

28,01 %

631.900 ha

Severidad

4,99 %

112.583 ha

Muy ligero · Ligero · Moderado · Severo · Muy severo · Otros

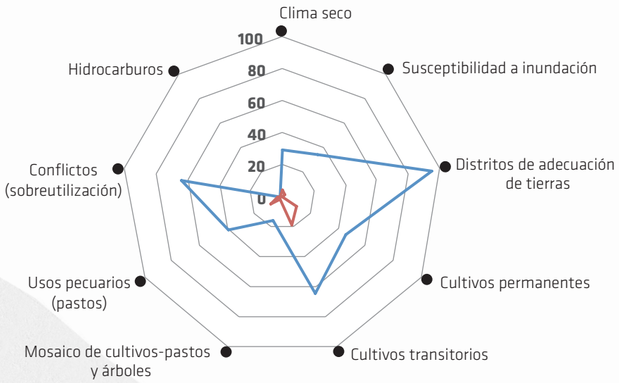
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

La principal presión sobre los suelos, son los distritos de adecuación de tierras, que presentan el 95,54 % de su área con algún grado de salinización, seguida de los cultivos transitorios, con un 63,8 % de su área con algún grado de salinización y el 18 % con grado muy severo. El clima seco, considerado como causa indirecta, presenta el 30,46 % de las zonas con algún grado de salinización y el 5,46 % grado muy severo.

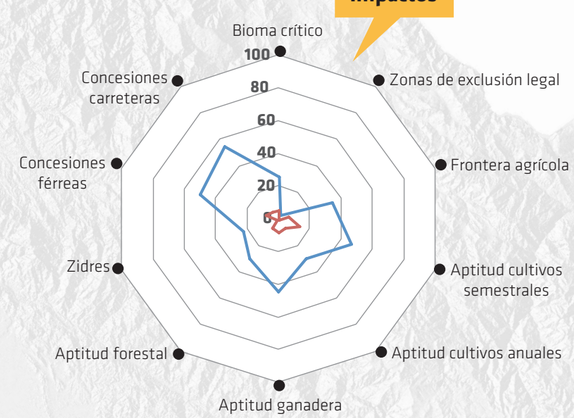
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

En el Cesar, la salinización ha tenido como consecuencia principal la afectación de la infraestructura; en los suelos de las concesiones de carreteras se presenta el 56,0 % de magnitud y el 5,5 % de severidad. Las concesiones férreas presentan el 50,4 % de su área con algún grado de salinización y el 7,9 % con grado muy severo. En el componente ecosistémico, la principal afectación la presenta el zonobioma alternohígrico tropical, con el 26,7 % de sus suelos en algún grado de salinización y el 5,3 % con grado severo.

Impactos



Departamento

CHOCÓ

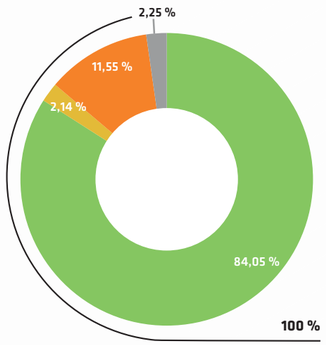
Área / 4.819.097 ha

Capital / Quibdó

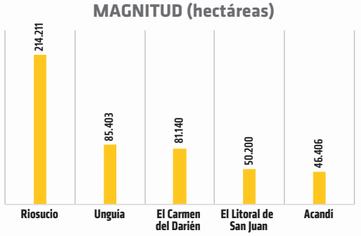
~

En este departamento, se presenta el 13,70 % de magnitud. No se determinó severidad a esta escala.

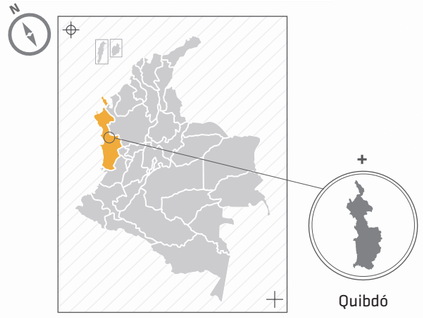
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

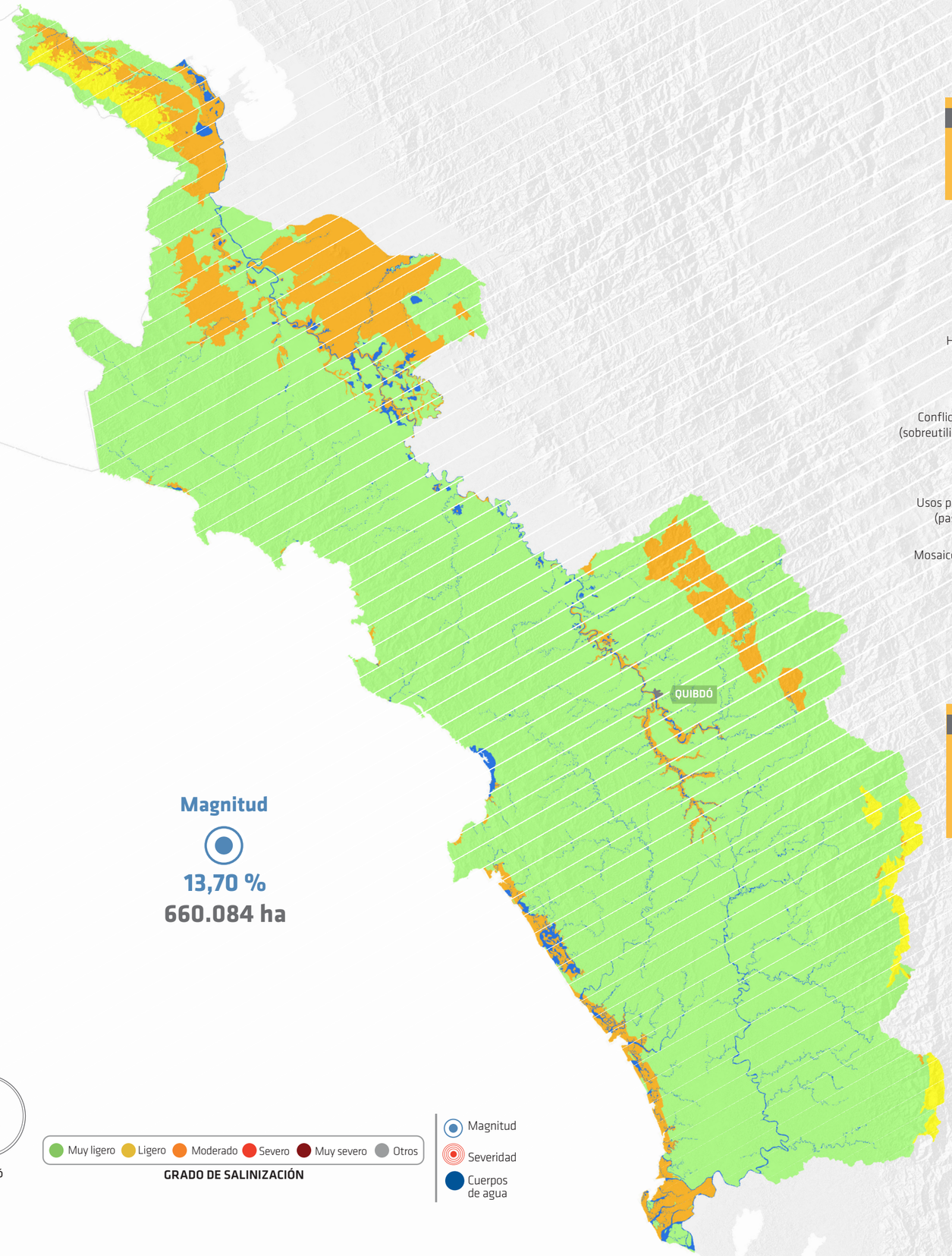


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados





Magnitud

13,70 %

660.084 ha

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

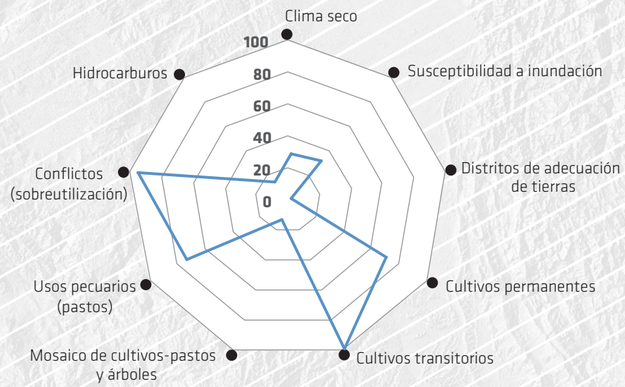
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

En el Chocó los conflictos de uso por sobreutilización presentan el 97,43 % de magnitud; los pastos destinados a usos pecuarios ocupan el segundo lugar, con el 74,89 % de sus suelos afectados por salinización; en el tercer lugar se encuentran los cultivos permanentes, con el 70,93 % del área afectada.

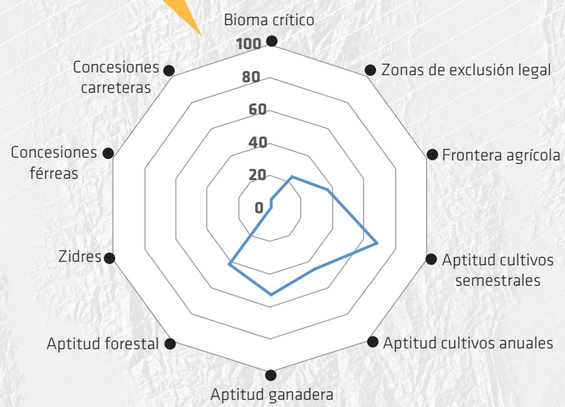
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización impacta principalmente los suelos con aptitud agropecuaria. El 68,86 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales presentan magnitud. El 53 % de suelos con aptitud ganadera y el 45,7 % de los suelos con aptitud para cultivos anuales presentan grado ligero o moderado de salinización. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el helobioma, con el 5,6 % de su área en magnitud de degradación de suelos por salinización.

Impactos



Departamento

CÓRDOBA

Área / 2.500.524 ha

Capital / Montería

~

El 58,45 %, presenta algún grado de salinización, siendo el ligero el de mayor incidencia con el 42,32 %; la severidad afecta el 0,64 % de los suelos del departamento.

Magnitud

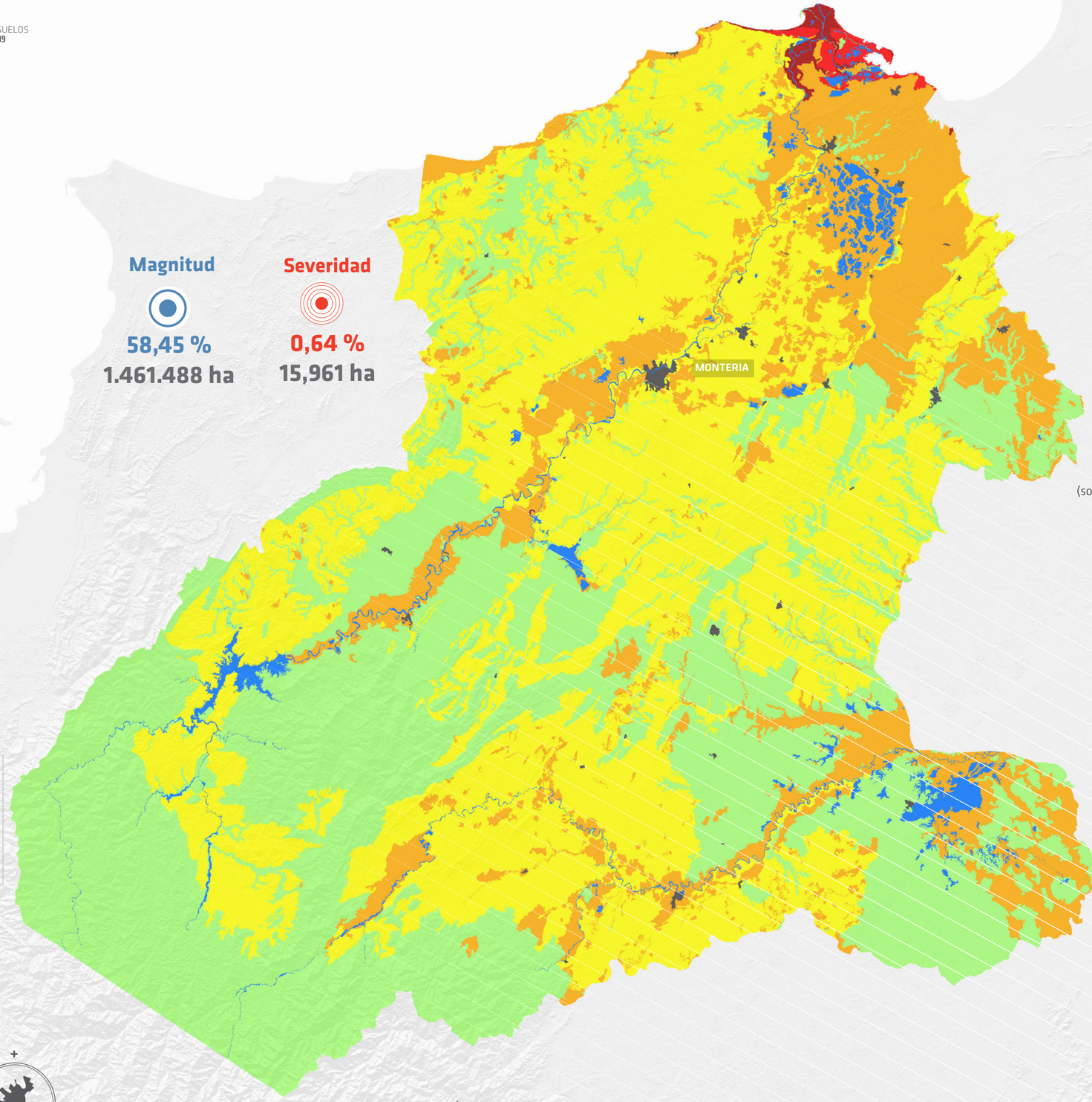
58,45 %

1.461.488 ha

Severidad

0,64 %

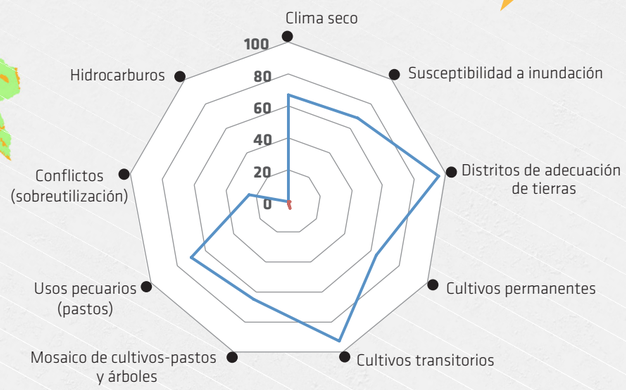
15,961 ha



CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

La principal presión identificada sobre el suelo son los distritos de adecuación de tierras, el 95,99 % de sus suelos presenta salinización y el 1 % grados severo y muy severo. Las áreas destinadas a cultivos transitorios, presentan el 91,74 % de salinización; el 3,78 % tiene grados severo y muy severos. Los suelos con usos pecuarios tienen el 69,14 % con algún grado de salinización

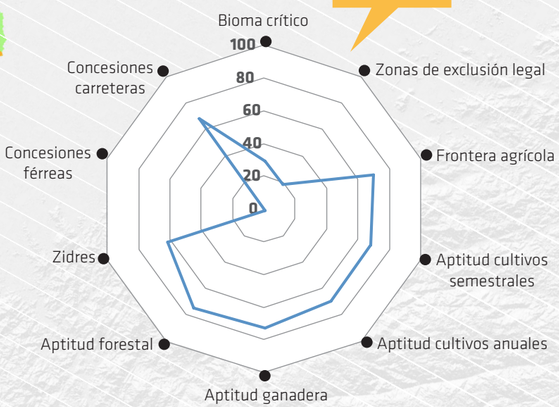
Presiones y fuerzas motrices



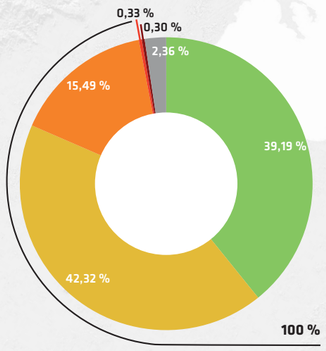
CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 72,8 % de los suelos con aptitud forestal. Las áreas con aptitud para cultivos anuales se encuentran afectadas en un 38 %. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma alternohigrico tropical, en un 29,4 %.

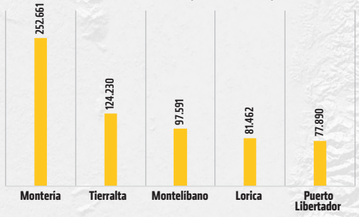
Impactos



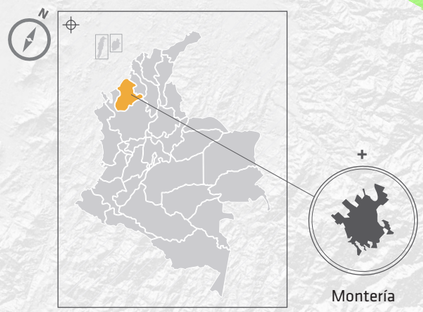
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN



MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados



Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

Departamento

CUNDINAMARCA

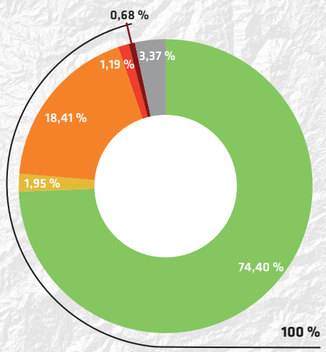
Área / 2.398.439 ha

Capital / Bogotá

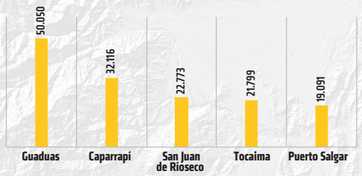
~

En el 22,23 % de los suelos del departamento se presenta magnitud a la salinización. La severidad ocurre en el 1,87 %.

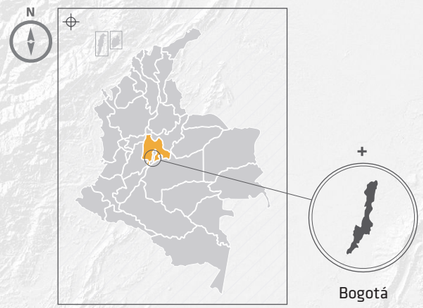
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

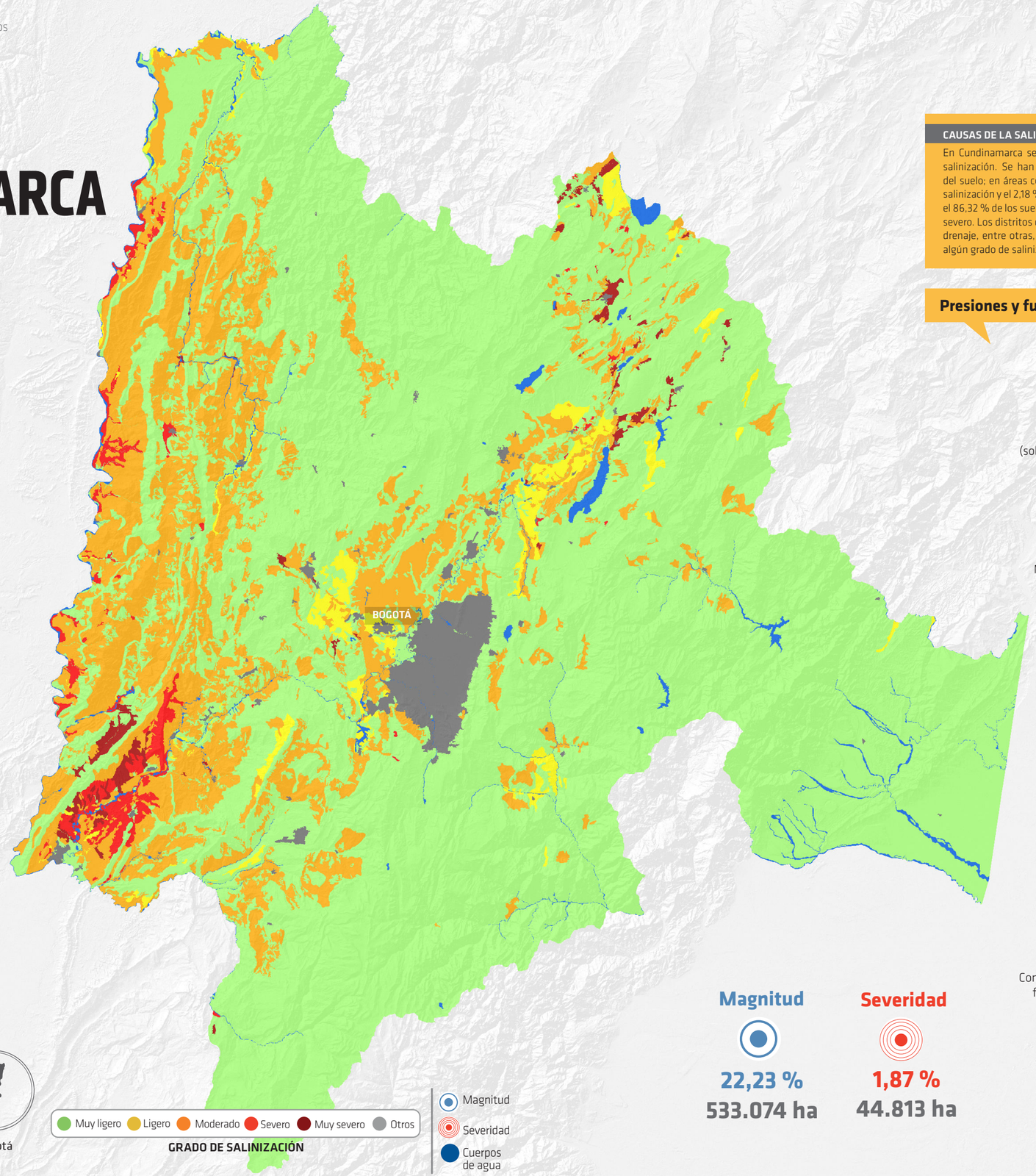


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados

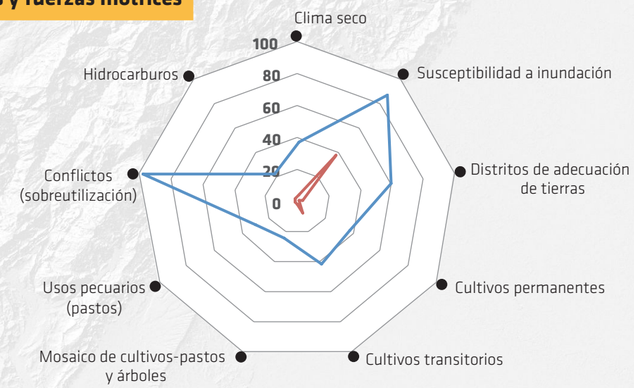




CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

En Cundinamarca se presentan todos los grados de degradación de suelos por salinización. Se han identificado como principales causas los conflictos de uso del suelo; en áreas con sobreutilización se presenta el 98,48 % de magnitud a la salinización y el 2,18 % de severidad. En las zonas con susceptibilidad a inundación, el 86,32 % de los suelos presenta magnitud y el 37 % de estos grados severo y muy severo. Los distritos de adecuación de tierras, donde se realizan prácticas de riego, drenaje, entre otras, constituyen una presión, afectando el 59,67 % del área con algún grado de salinización y el 3,34 % en grados severo y muy severo.

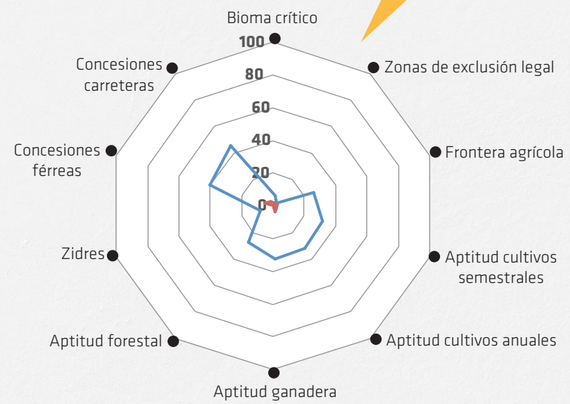
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 32 % de los suelos con aptitud ganadera, de los cuales el 3,5 % presenta grados severo y muy severo. Las áreas de infraestructura vial presentan el 44,6 % de magnitud en las concesiones férreas y en el 41,4 % de las concesiones de carreteras. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma alternohígrico tropical, donde el 6 % de sus suelos presenta algún grado de salinización y el 1,3 % grados severo y muy severo.

Impactos



Magnitud

22,23 %

533.074 ha

Severidad

1,87 %

44.813 ha

Departamento

HUILA

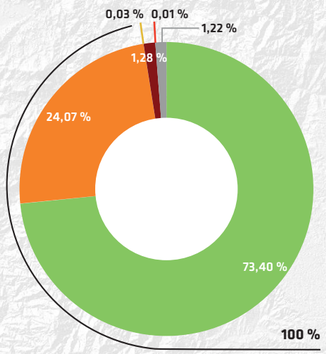
Área / 1.813.534 ha

Capital / Neiva

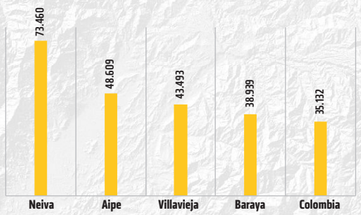
~

El 25,38 % de los suelos del Huila presentan algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 24,07 %; la severidad se presenta en el 1,29 % del departamento.

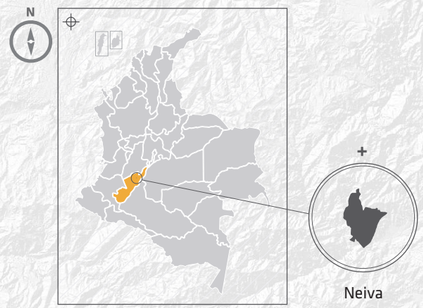
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN



MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados



Magnitud

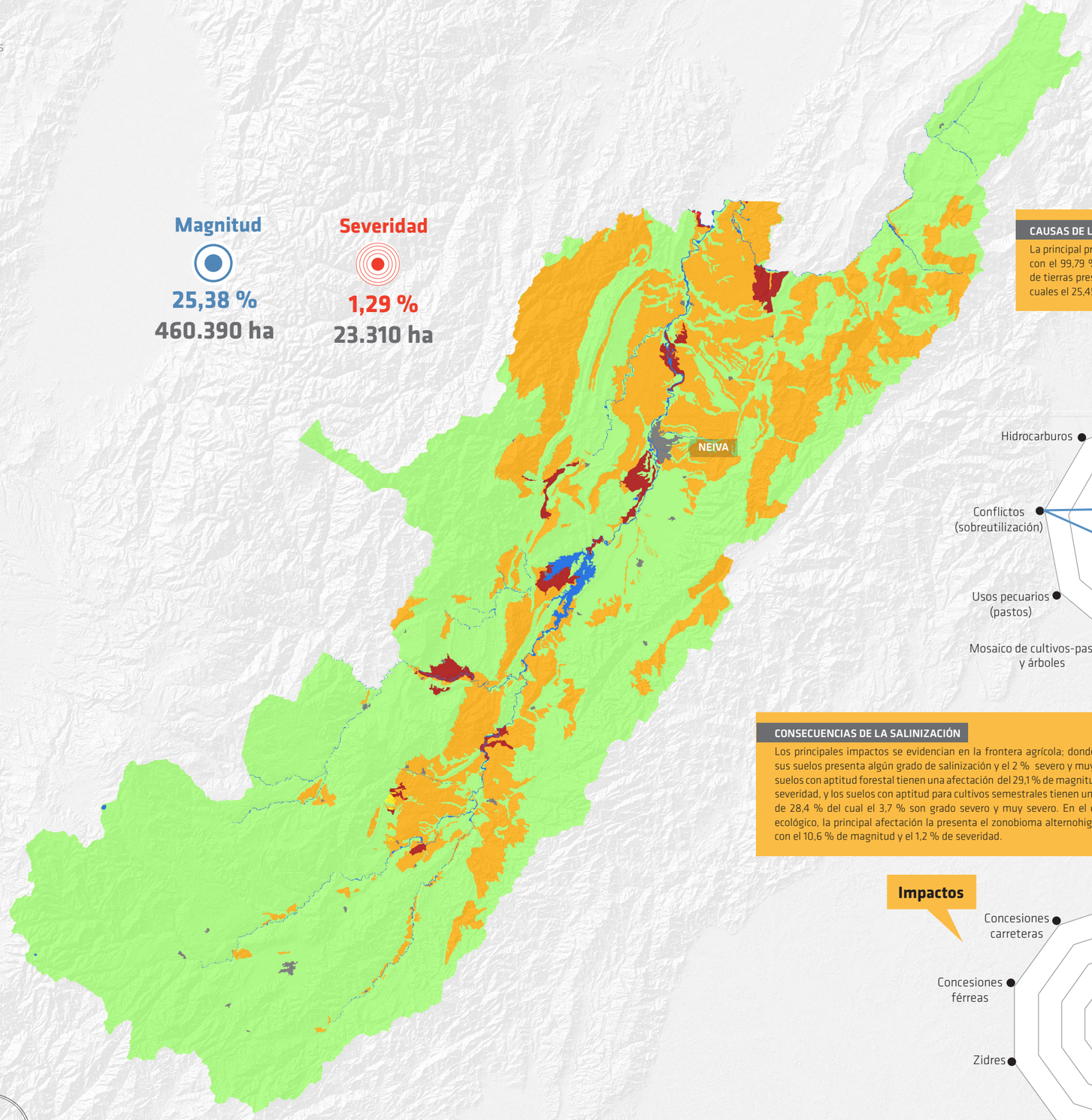
25,38 %

460.390 ha

Severidad

1,29 %

23.310 ha



Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

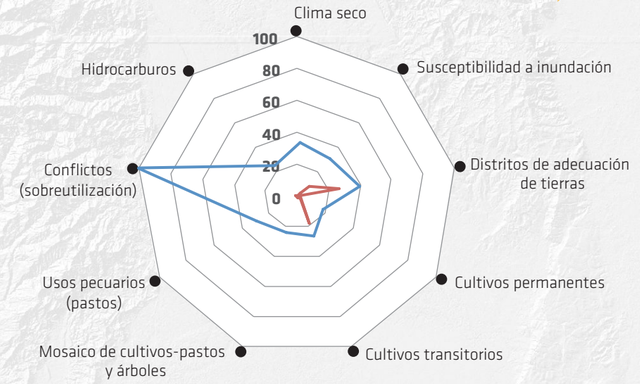
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

La principal presión identificada en el Huila es el conflicto de uso por sobreutilización, con el 99,79 % de magnitud y el 2,98 % de severidad. Los distritos de adecuación de tierras presentan el 38,52 % de sus suelos con algún grado de salinización, de los cuales el 25,45 % tiene grados severo y muy severo.

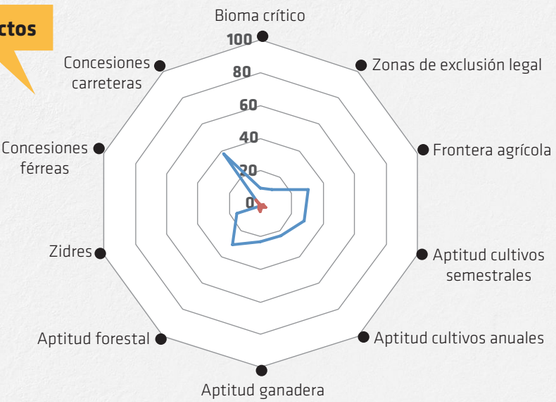
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

Los principales impactos se evidencian en la frontera agrícola; donde el 31 % de sus suelos presenta algún grado de salinización y el 2 % severo y muy severo, los suelos con aptitud forestal tienen una afectación del 29,1 % de magnitud y el 2 % de severidad, y los suelos con aptitud para cultivos semestrales tienen una afectación de 28,4 % del cual el 3,7 % son grado severo y muy severo. En el componente ecológico, la principal afectación la presenta el zonobioma alternohigrico tropical, con el 10,6 % de magnitud y el 1,2 % de severidad.

Impactos



ATLAS
Departamentos I II III IV

Departamento

LA GUAJIRA

Área / 2.061.697 ha

Capital / Riohacha

~

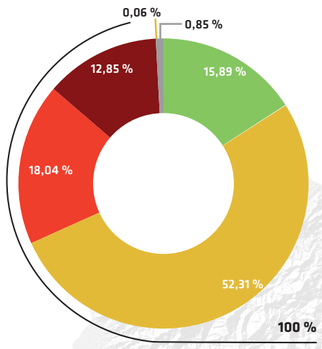
El 82,26 % de La Guajira presenta algún grado de salinización, siendo el moderado el más representativo con el 52,31 %; la severidad afecta el 30,89 % de los suelos.

Magnitud
83,26 %
1.716.666 ha

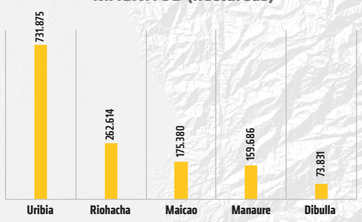
Severidad
30,89 %
636.828 ha

RIOHACHA

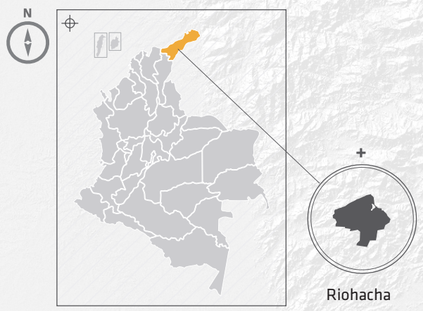
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN



MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados



Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

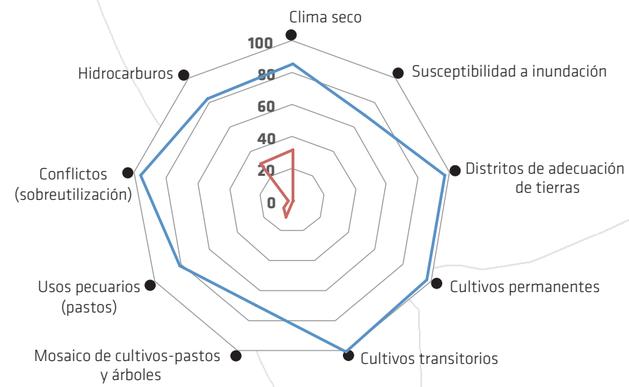
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

En la Guajira se presentan todos los grados de salinización. Las principales presiones son los cultivos transitorios, que tienen el 100 % de sus suelos afectados; los conflictos de uso por sobreutilización, con el 96,33 % con algún grado de salinización y el 3,22 % grados severo y muy severo; los cultivos permanentes presentan el 97,76 % de magnitud.

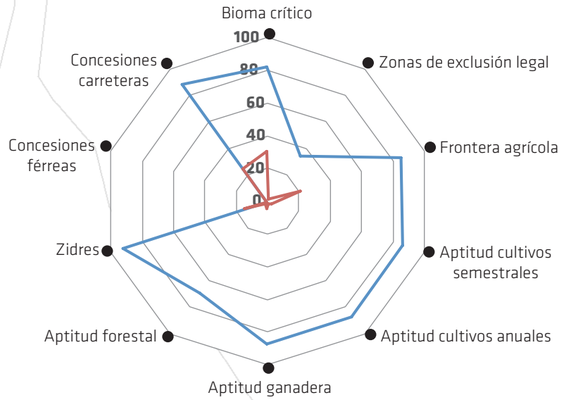
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 91,99 % de los suelos de las Zidres, de los cuales el 14,65 % presenta grados severo y muy severo. Los suelos con aptitud para cultivos semestrales presentan magnitud en el 87,87 % de su área y severidad en el 3,17 %. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma alternohígrico tropical, del cual el 83,1 % de sus suelos presenta algún grado de salinización y el 31,2 % los grados severo y muy severo.

Impactos



Departamento

MAGDALENA

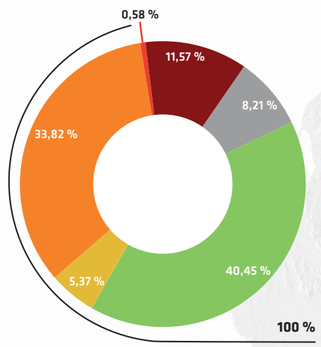
Área / 2.313.767 ha

Capital / Santa Marta

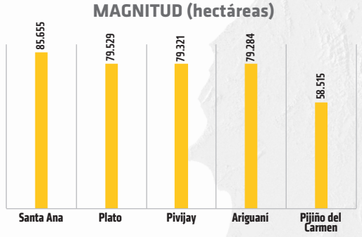
~

El 51,35 % del Magdalena presenta algún grado de degradación de suelos por salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 33,82 %, la severidad se encuentra en el 12,16 % de los suelos del departamento.

PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

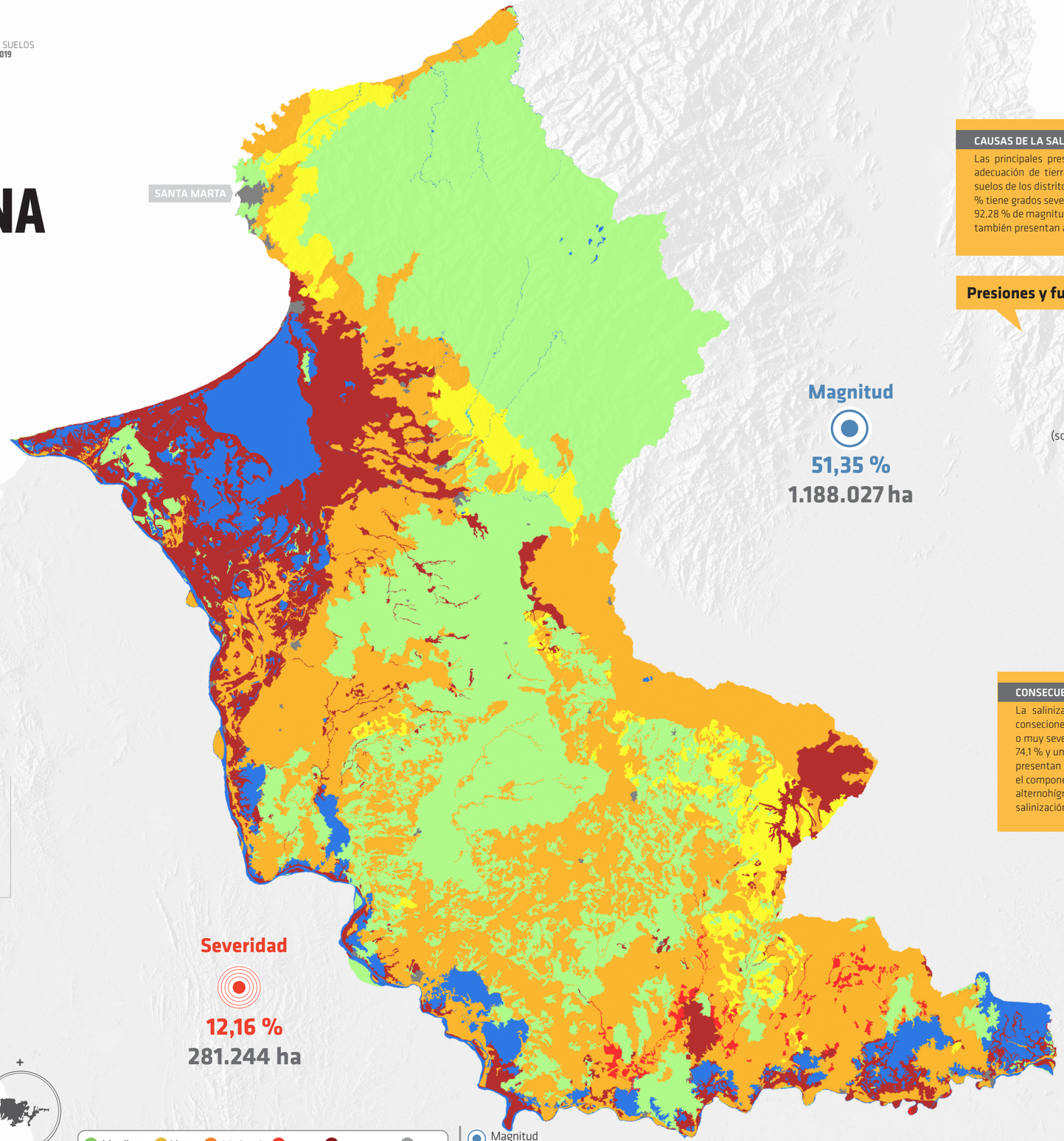


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados

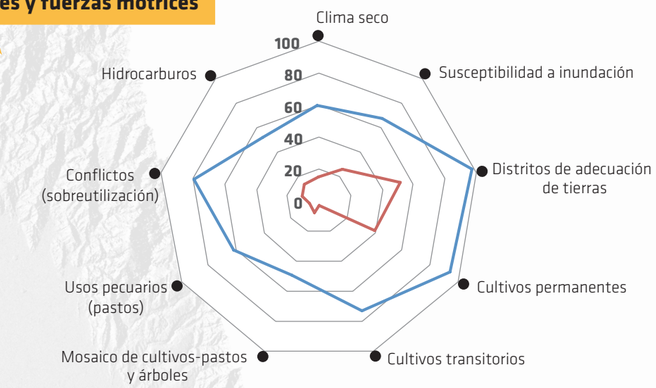




CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

Las principales presiones sobre los suelos del Magdalena son los distritos de adecuación de tierras, como consecuencia de sus prácticas. El 96,22 % de los suelos de los distritos presentan algún grado de salinización, de los cuales el 51,62 % tiene grados severo y muy severo; los suelos con cultivos permanentes tienen el 92,28 % de magnitud y el 40,28 % de severidad; los suelos con cultivos transitorios también presentan afectación en el 73,65 % y severidad en un 4,19 %.

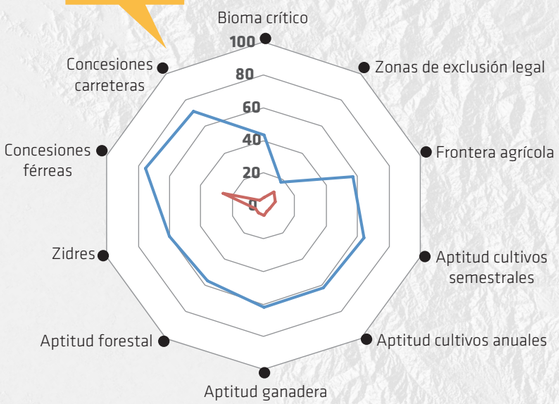
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta la estructura vial del departamento. El 74,1 % de las conseciones férreas presenta algún grado de salinización, siendo el 25 % severo o muy severo; las áreas de concesiones de carreteras presentan una magnitud del 74,1 % y una severidad del 3,8 %. Los suelos con aptitud para cultivos semestrales presentan el 63,35 % con algún grado de salinización y el 5,8 % con severidad. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma alternohígrico tropical, del cual el 43,3 % de sus suelos presenta algún grado de salinización y el 4,8 % severo y muy severo.

Impactos



Departamento

NARIÑO

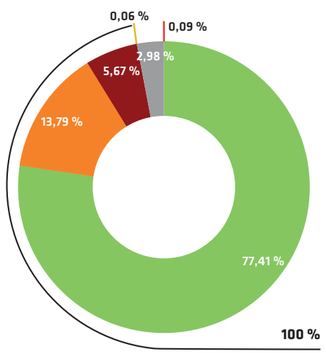
Área / 3.149.009 ha

Capital / Pasto

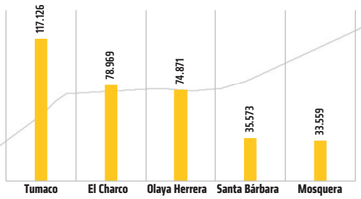
~

El 19,62 % de Nariño presenta algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 13,79 %; la severidad se presenta en el 5,76 % de los suelos del departamento.

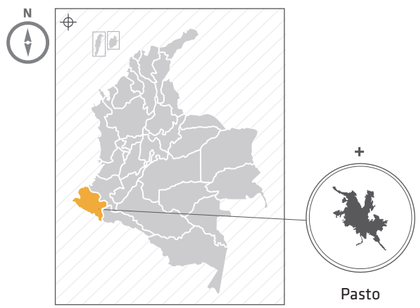
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

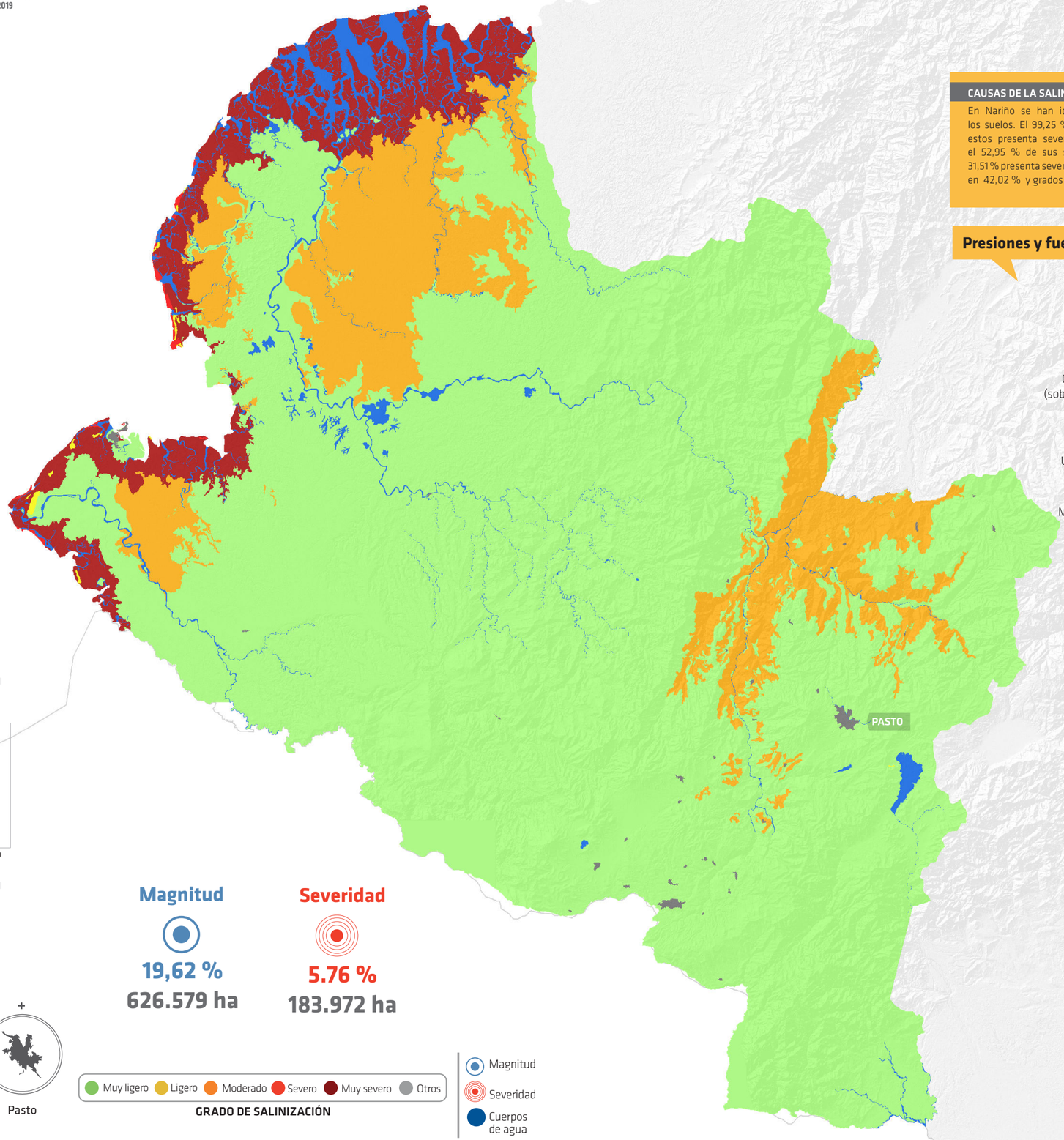


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados





Magnitud

19,62 %

626.579 ha

Severidad

5.76 %

183.972 ha

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

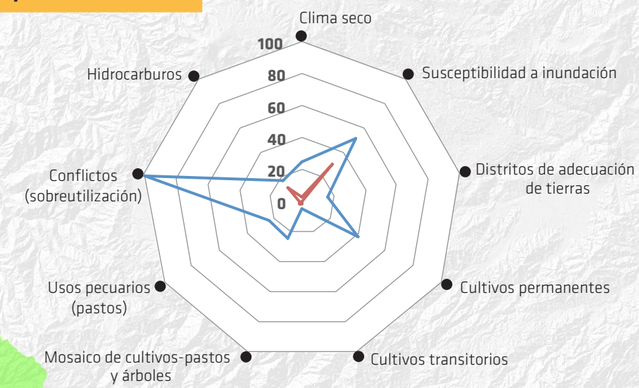
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

En Nariño se han identificado como principal presión la sobreutilización de los suelos. El 99,25 % de los suelos en conflicto tiene magnitud y el 1,19 % de estos presenta severidad. Las zonas susceptibles a la inundación presentan el 52,95 % de sus suelos con algún grado de salinización, de los cuales el 31,51 % presenta severidad. Los suelos con cultivos permanentes tienen salinización en 42,02 % y grados severo y muy severo en el 1,47 %.

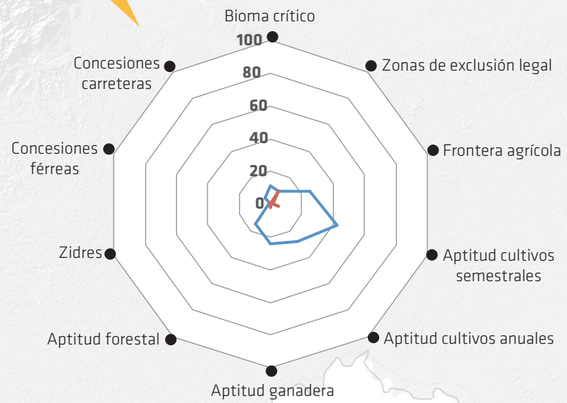
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 43 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales, de los cuales el 5,35 % tiene severidad. El 28,2 % de los suelos con aptitud para cultivos anuales y el 24,3 % de los suelos con aptitud ganadera presentan algún grado de salinización. En el componente ecosistémico, la mayor afectación se halla en el bioma helobioma, del cual el 23,9 % de sus suelos presenta algún grado de salinización y el 0,2 % grados severo y muy severo.

Impactos



Departamento

NORTE DE SANTANDER

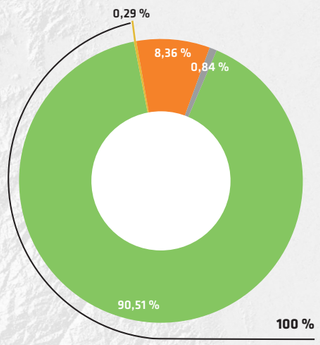
Área / 2.183.506 ha

Capital / Cúcuta

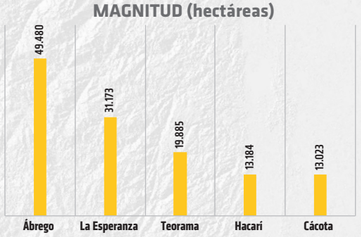
~

El 8,65 % del departamento, presenta algún grado de salinización entre ligero a moderado; en Norte de Santander no se presenta severidad a esta escala.

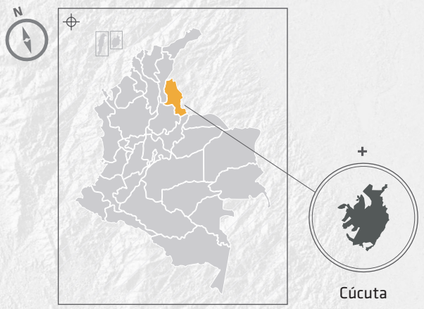
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

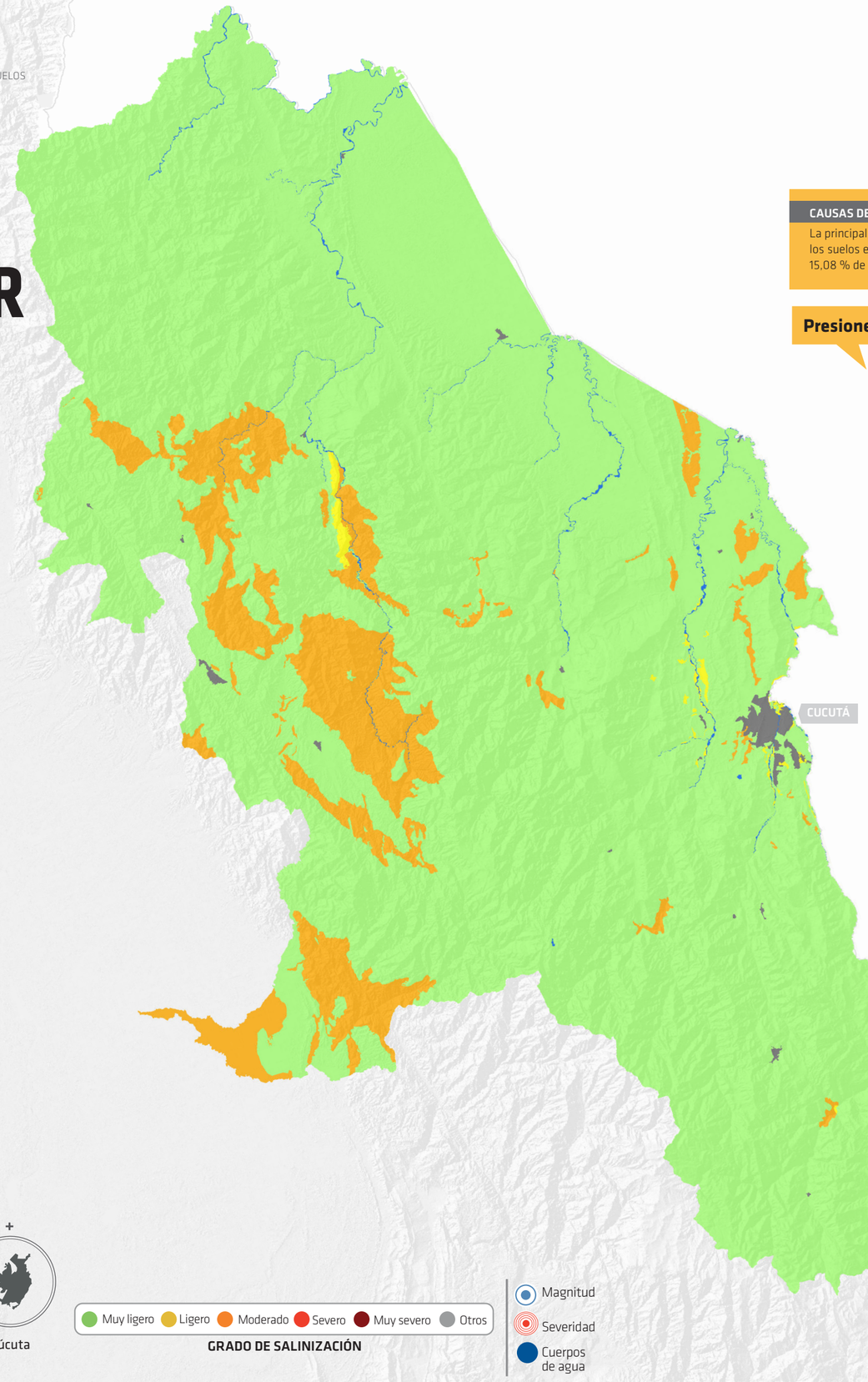


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados





Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

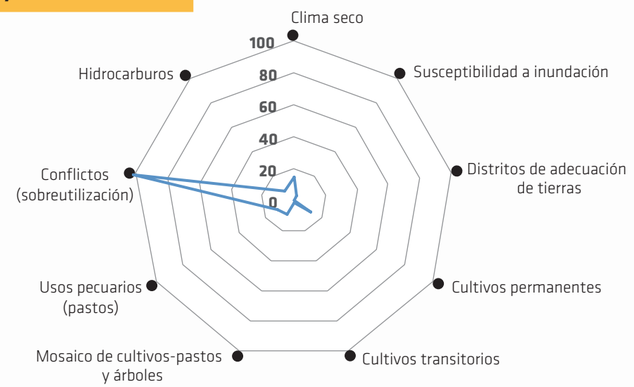
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

La principal presión identificada es la sobreutilización de los suelos; el 99,85 % de los suelos en este conflicto de uso presentan magnitud. El clima seco presenta el 15,08 % de los suelos con grados de salinización ligero a moderado.

Presiones y fuerzas motrices



Magnitud

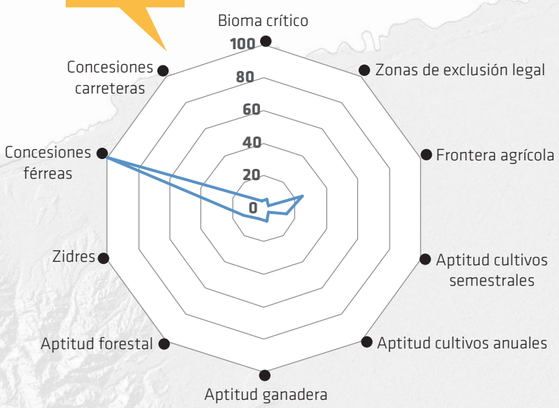
8,65 %

188.881 ha

CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 23 % de los suelos de la frontera agrícola, 13,98 % de los suelos de las Zidres y el 12,74 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma alternohígrico tropical, del cual el 23,9 % de sus suelos presenta algún grado de salinización y el 6 % grados severo y muy severo.

Impactos



Departamento

QUINDÍO

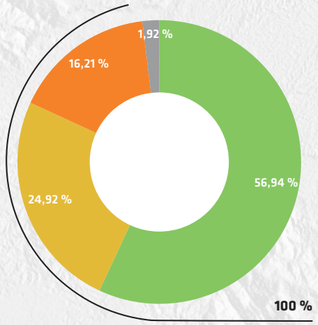
Área / 193.217 ha

Capital / Armenia

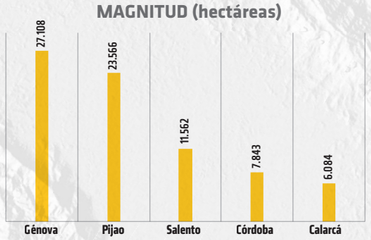
~

El 41,14 % del Quindío presenta salinización en grados ligero o moderado.No se presenta severidad de degradación de suelos por salinización a esta escala.

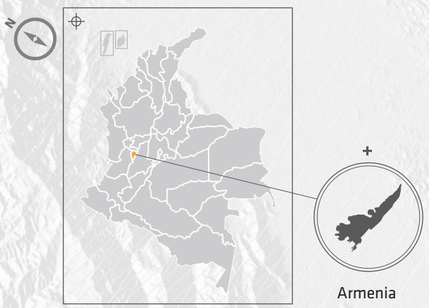
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

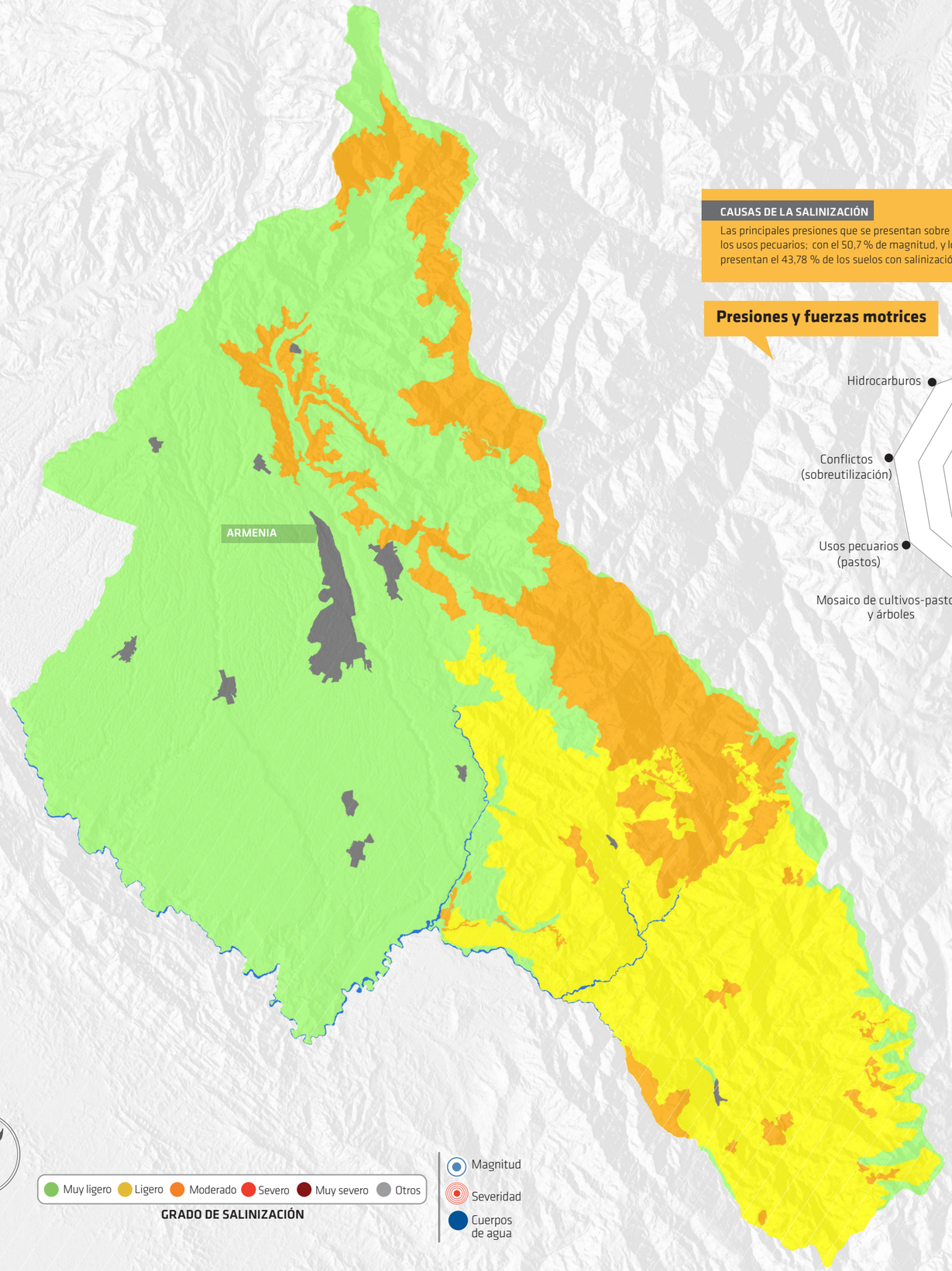


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados





Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

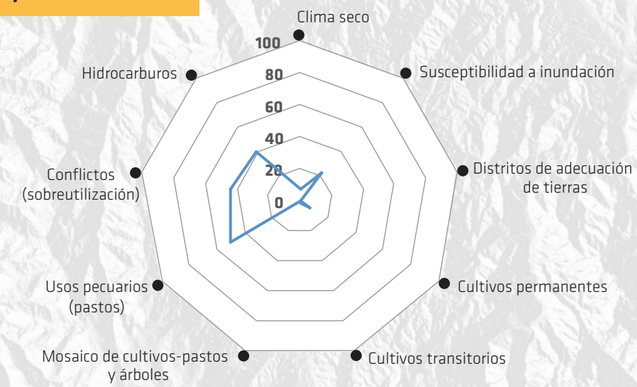
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

Las principales presiones que se presentan sobre los suelos del departamento son los usos pecuarios; con el 50,7 % de magnitud, y los conflictos de uso del suelo que presentan el 43,78 % de los suelos con salinización.

Presiones y fuerzas motrices



Magnitud

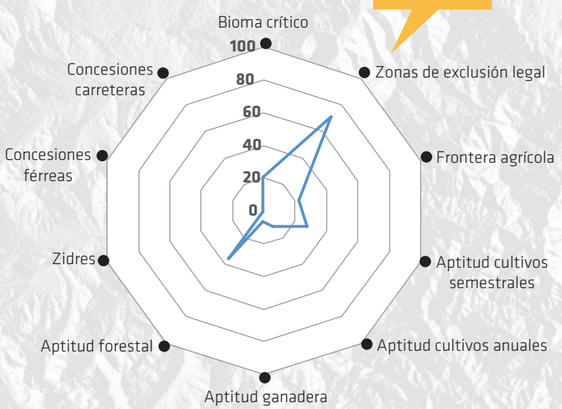
41,14 %

79.484 ha

CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 71 % de las zonas de exclusión legal, y el 29,1 % de los suelos con aptitud forestal. La frontera agrícola presenta salinización en el 23 % de su área. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el orobioma andino, del cual el 20,7 % de sus suelos presenta algún grado de salinización.

Impactos



Departamento

RISARALDA

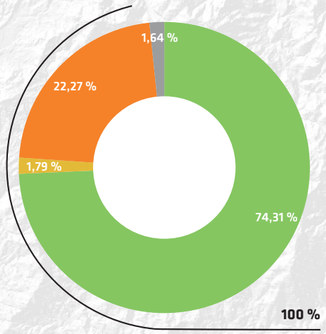
Área / 356.035 ha

Capital / Pereira

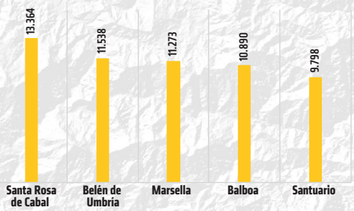
~

El 41,14 % de Risaralda presenta salinización en grados ligero o moderado. En este departamento aún no se presenta severidad de degradación de suelos por salinización a esta escala.

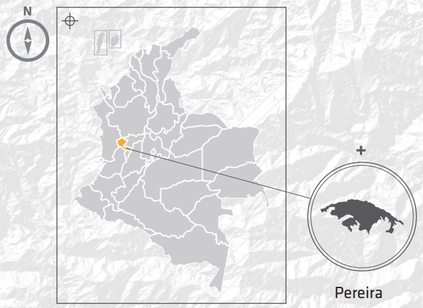
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

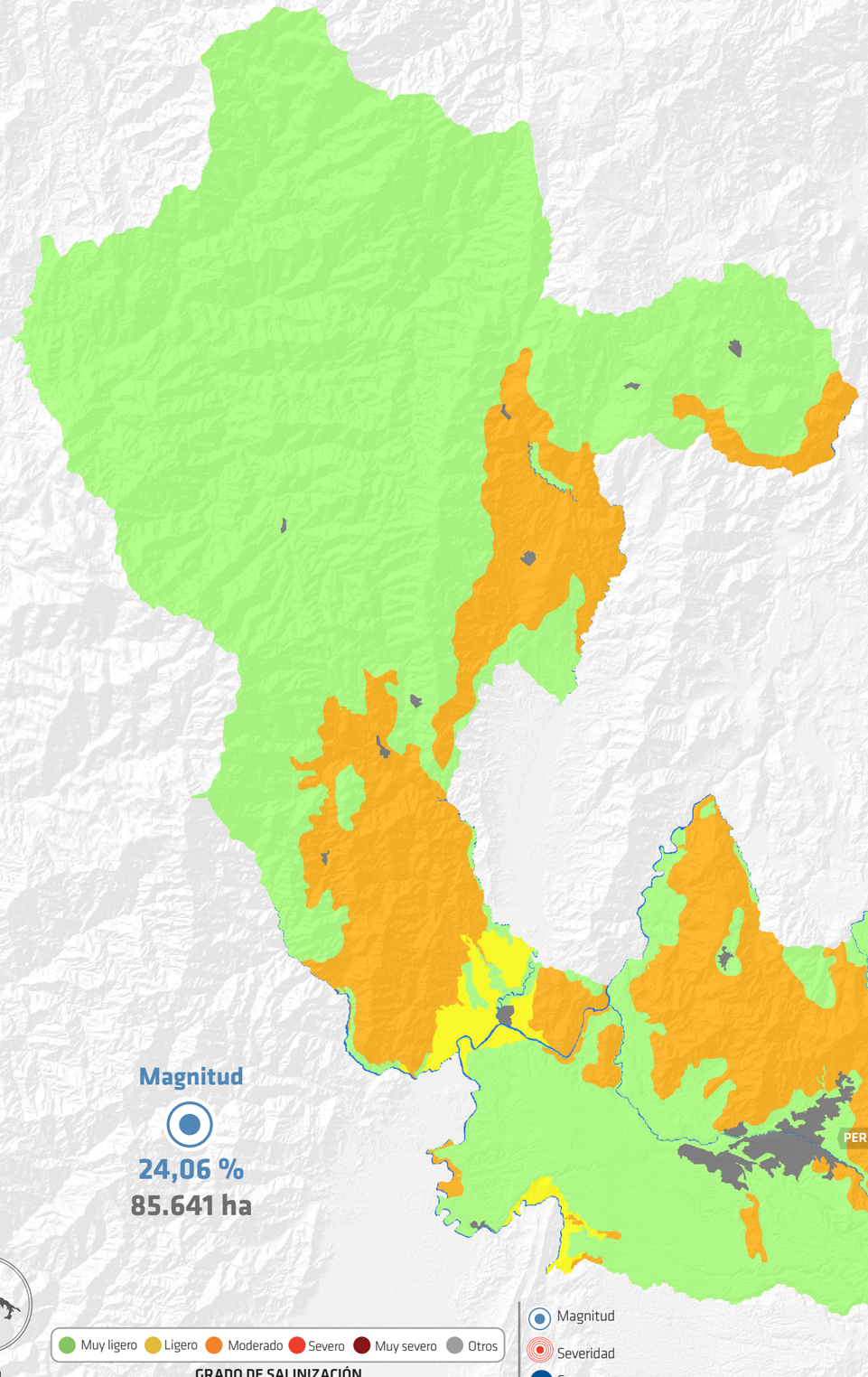


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados

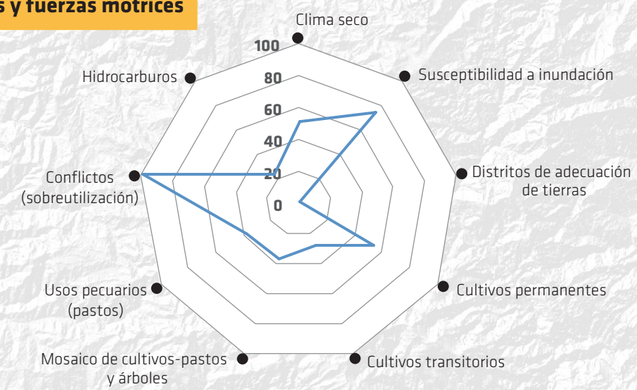




CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

La degradación del suelo por salinización la ejerce principalmente la sobreutilización de los suelos, donde el 99,25 % de los suelos con en este conflicto presenta salinización. La susceptibilidad a las inundaciones presenta el 74,38 % de los suelos con salinización y los suelos con cultivos permanentes tienen un 53,31 % de su área con grados severo a muy severo.

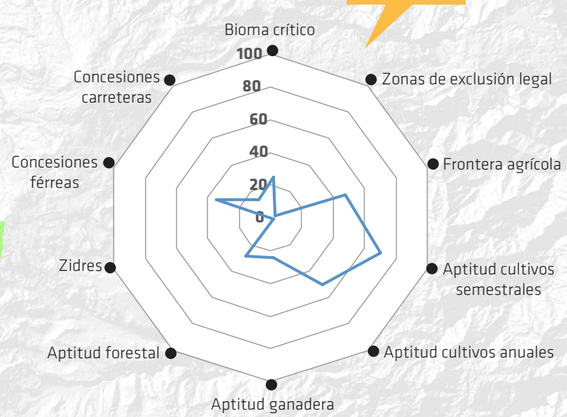
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 67,6 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales; los suelos con aptitud para cultivos anuales presentan el 49,7 % de su área con magnitud. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el orobioma subandino, del cual el 24,7 % de sus suelos presentan algún grado de salinización.

Impactos



Departamento

SANTANDER

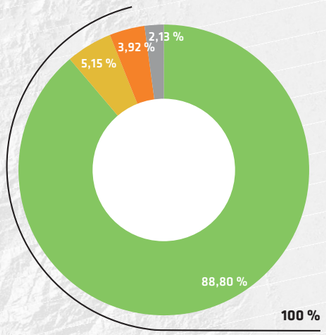
Área / 3.055.841 ha

Capital / Bucaramanga

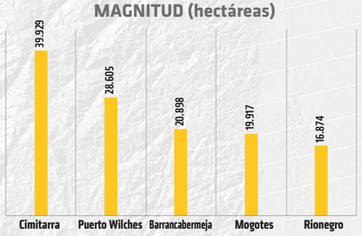
~

El 9,07 % del departamento presenta salinización en grados ligero a moderado. No se presenta severidad de degradación de suelos por salinización a esta escala.

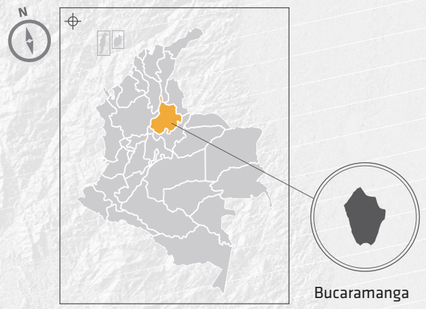
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

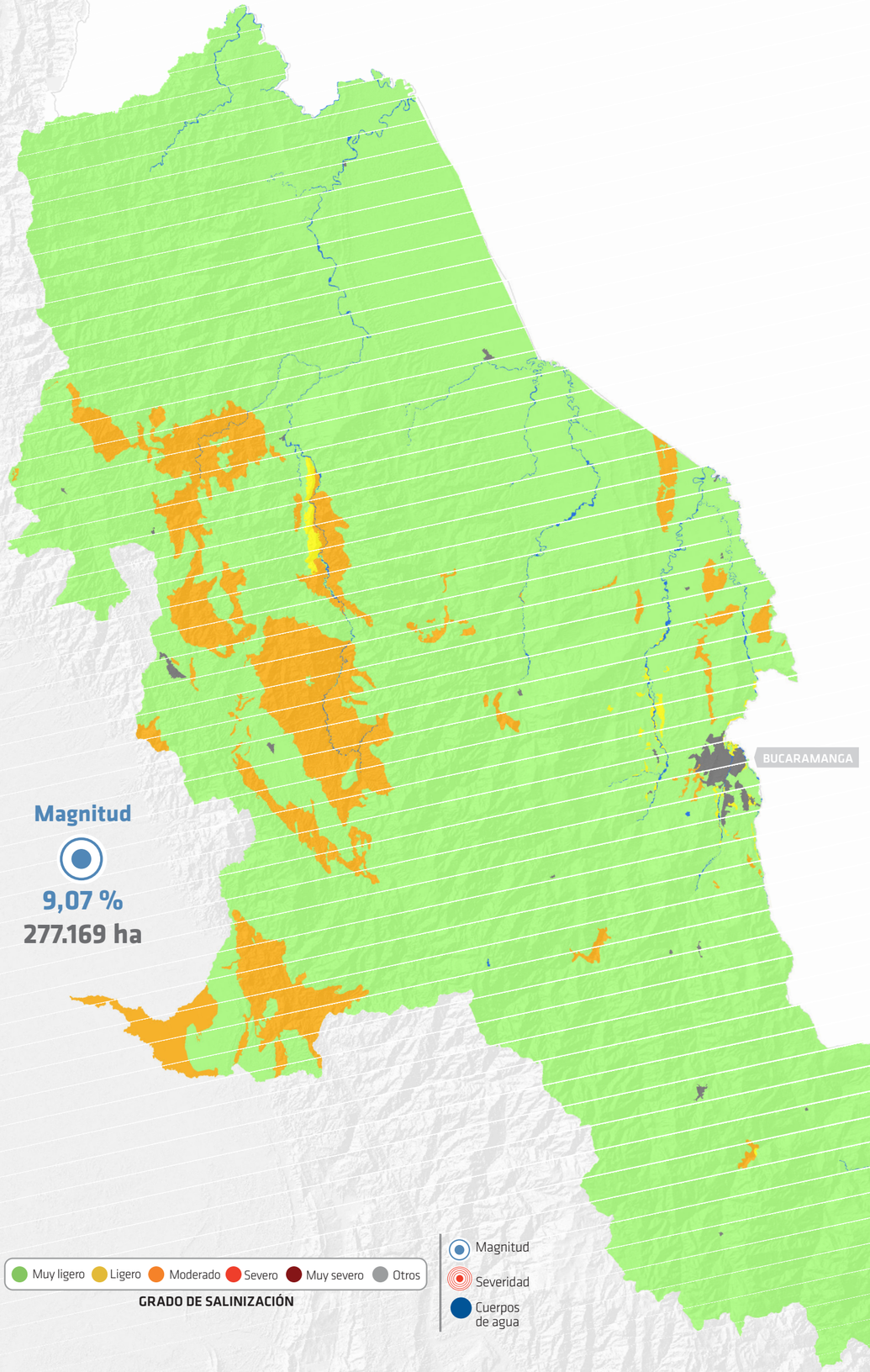


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados

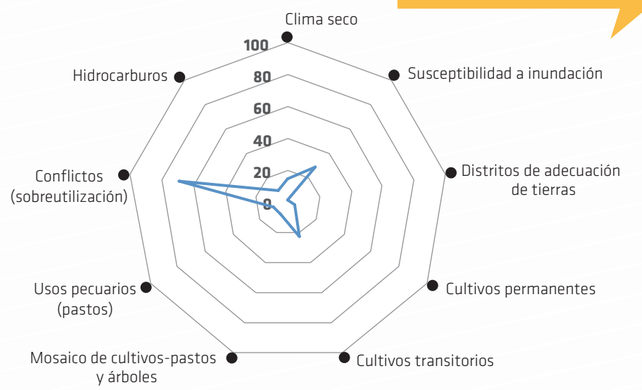




CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

Las principales presiones ejercidas sobre los suelos son la sobreutilización, evidenciada en el 68,15 % de salinización de los suelos sobreutilizados, y la susceptibilidad a las inundaciones con el 27,92 % de las zonas propensas a inundarse en algún grado de salinización.

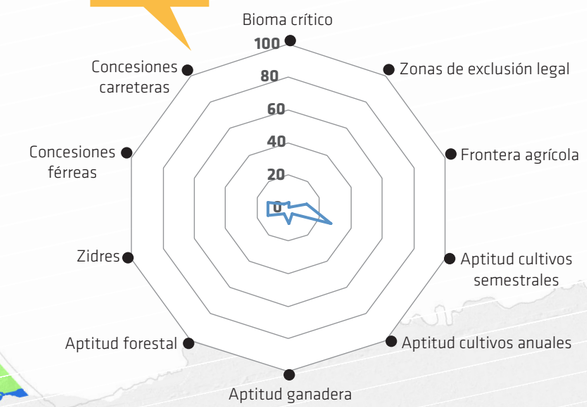
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 27,8 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales, y el 12,82 % de las Zidres. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el zonobioma húmedo tropical, del cual el 3,8 % de sus suelos presenta algún grado de salinización.

Impactos



Departamento

SUCRE

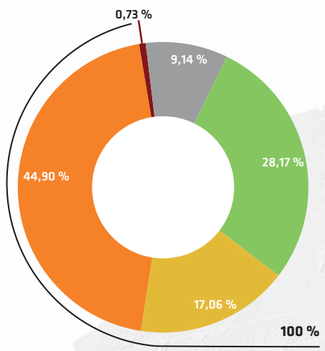
Área / 1.067.791 ha

Capital / Sincelejo

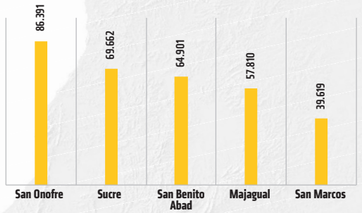
~

El 62,69 % de Sucre, presenta algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 44,9 %; la severidad se presenta en el 0,73 % de los suelos del departamento.

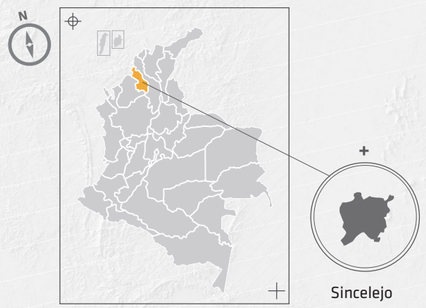
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

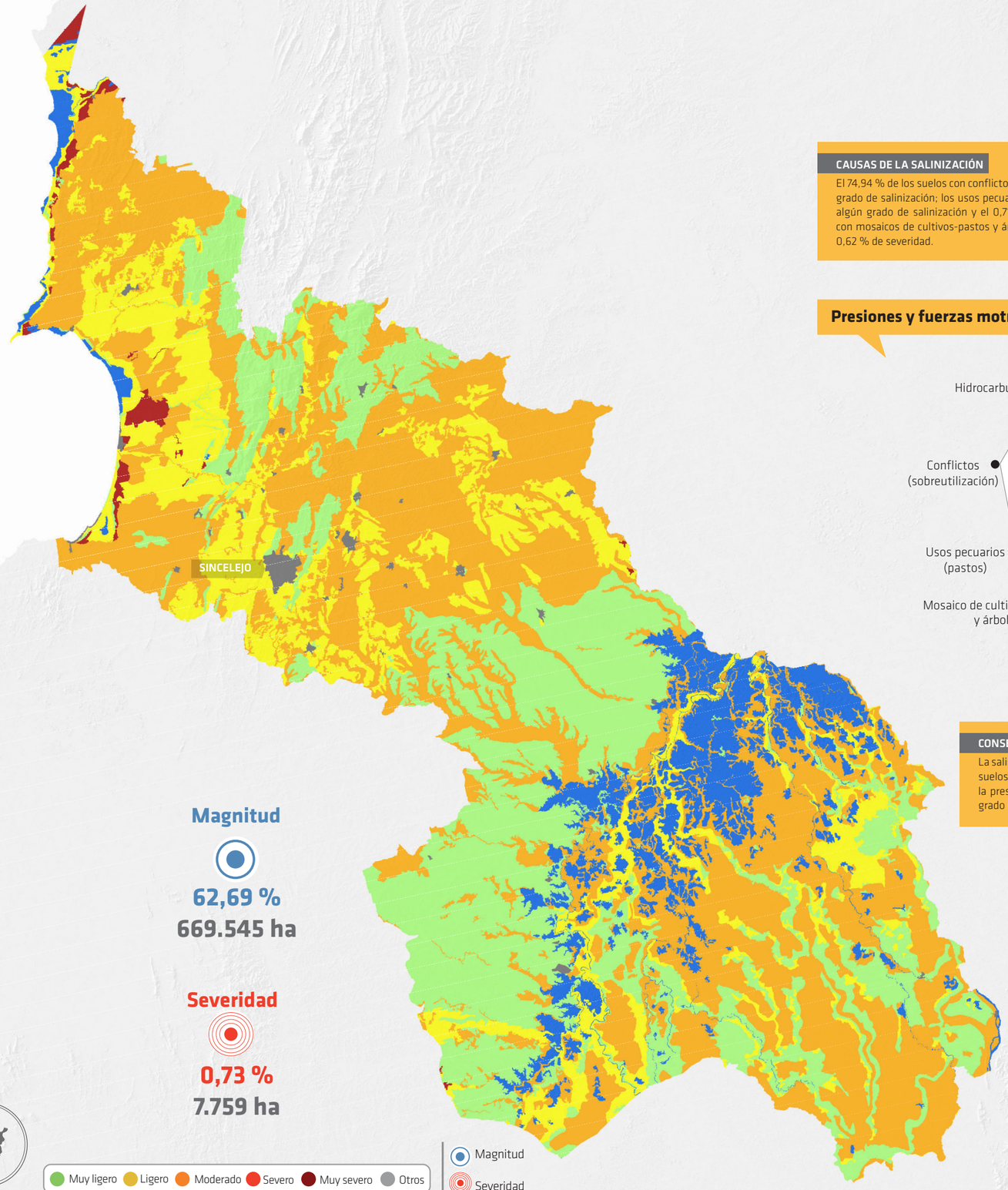


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados





Magnitud

62,69 %

669.545 ha

Severidad

0,73 %

7.759 ha

Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

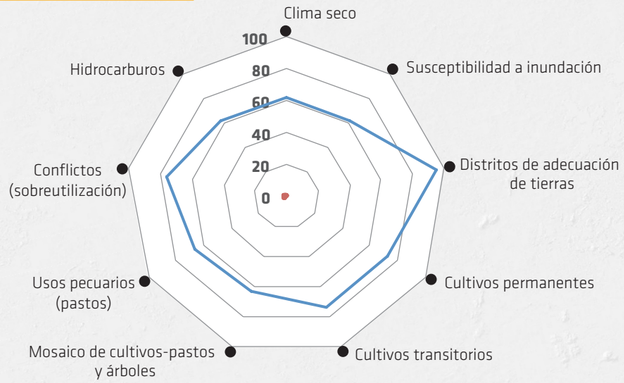
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

El 74,94 % de los suelos con conflictos de uso por sobreutilización presentan algún grado de salinización; los usos pecuarios presentan el 65,69 % de sus suelos con algún grado de salinización y el 0,71 % grados severo y muy severo; los suelos con mosaicos de cultivos-pastos y árboles , tienen el 64,06 % con magnitud y el 0,62 % de severidad.

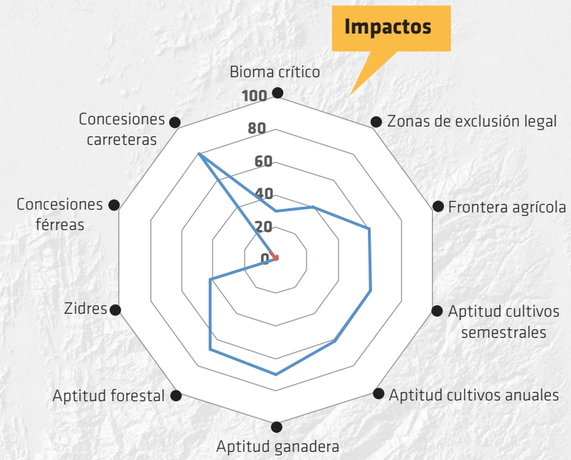
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 69,3 % de los suelos con aptitud ganadera y el 66,7 % de los suelos con aptitud forestal. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma helobioma, del cual el 29,1 % de sus suelos presenta algún grado de salinización.

Impactos



Departamento

TOLIMA

Área / 2.414.873 ha

Capital / Ibagué

~

El 32,55 % de los suelos del Tolima presentan algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 30,58 %; la severidad se presenta en el 1,05 % de los suelos del departamento.

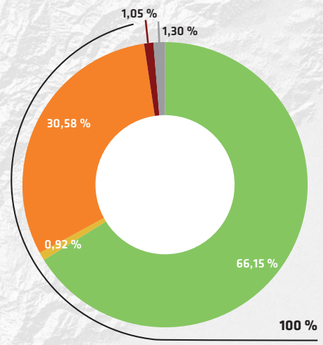
Magnitud

32,55 %
785.947ha

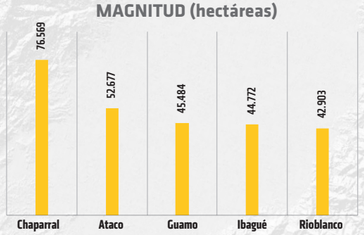
Severidad

1,05 %
25.302 ha

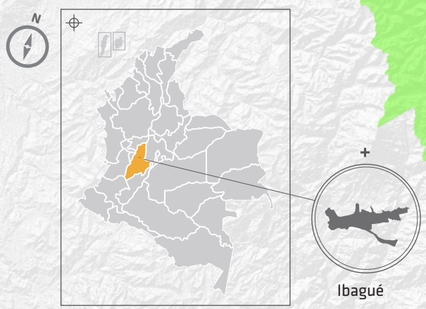
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN

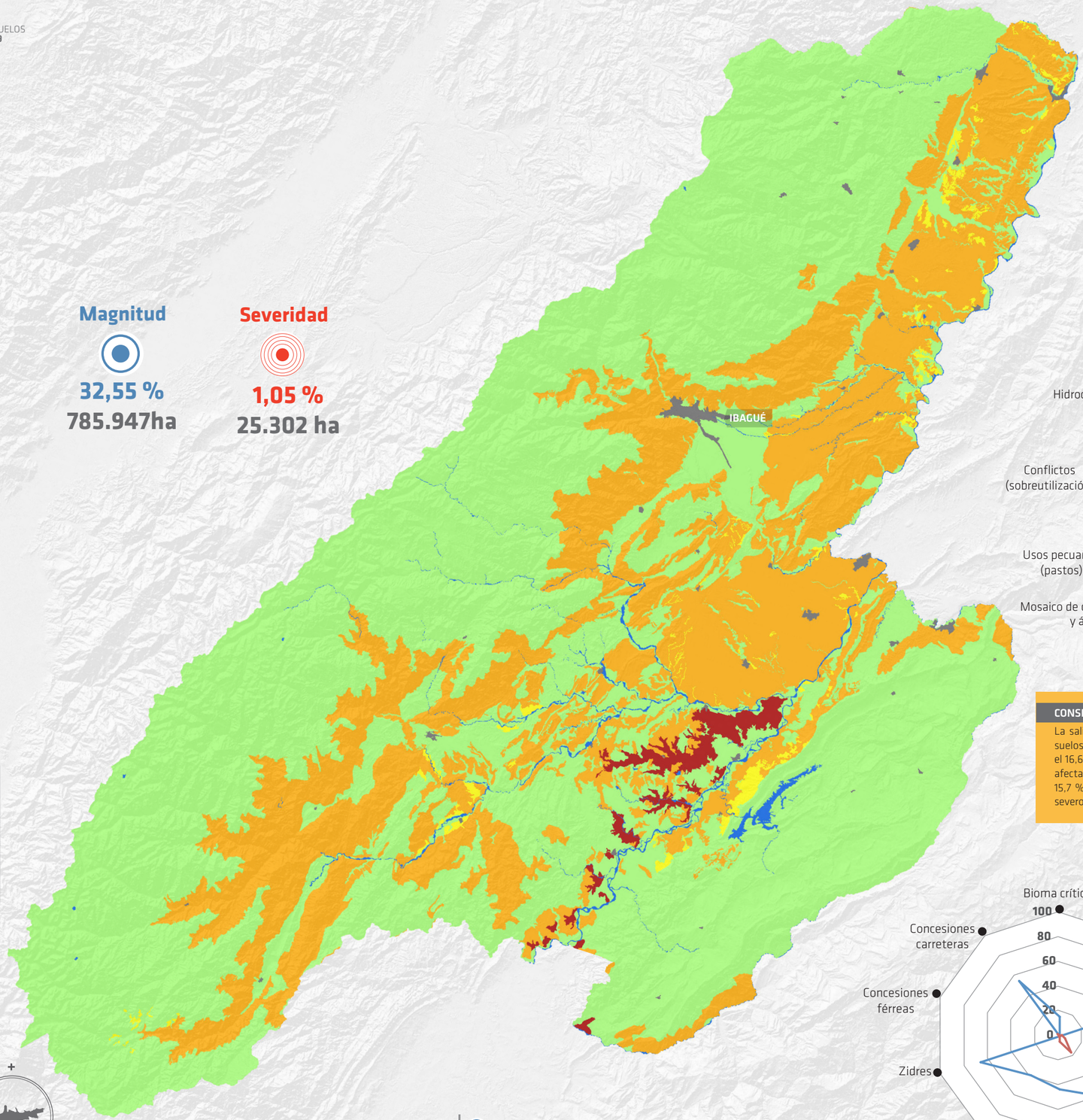


MAGNITUD (hectáreas)



Municipios más afectados





Muy ligero | Ligero | Moderado | Severo | Muy severo | Otros

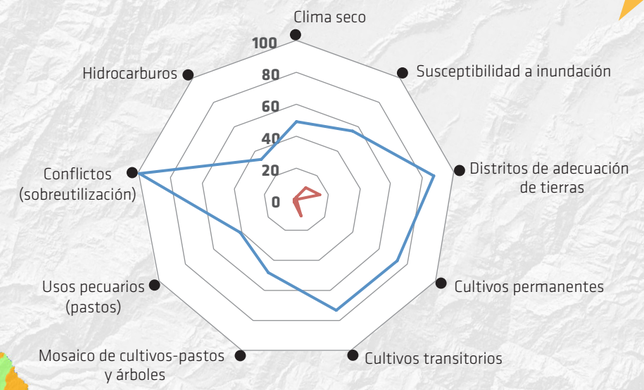
GRADO DE SALINIZACIÓN

Magnitud
Severidad
Cuerpos de agua

CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

El 98,68 % de los suelos con conflicto de uso por sobreutilización presenta algún grado de salinización. Los distritos de adecuación de tierras presentan el 88,11 % de sus suelos con algún grado de salinización y el 16,23 % con grados severo y muy severo. Los suelos con cultivos permanentes tienen el 74,38 % de magnitud.

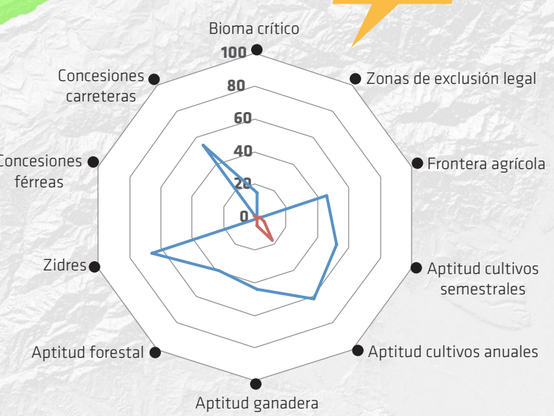
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 67, 12 % de los suelos en las Zidres. El 60,13 % de los suelos con aptitud para cultivos anuales presentan algún grado de salinización y el 16,64 % grados severo y muy severo. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el bioma zonobioma alternohígrico tropical, del cual el 15,7 % de sus suelos presenta algún grado de salinización y el 1 % con grados severo y muy severo.

Impactos



ATLAS
Departamentos I II III IV

Departamento

VALLE DEL CAUCA

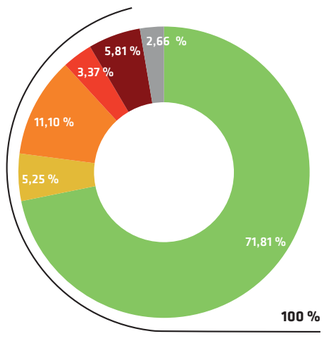
Área / 2.065.480 ha

Capital / Santiago de Cali

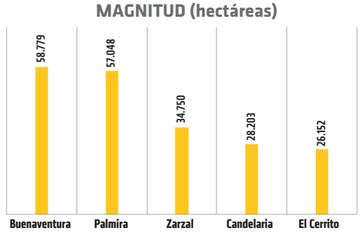
~

El 25,53 % de los suelos del Valle del Cauca, presenta algún grado de salinización, siendo el moderado el de mayor incidencia con el 11,10 %; la severidad ocurre en el 9,17 % de los suelos del departamento.

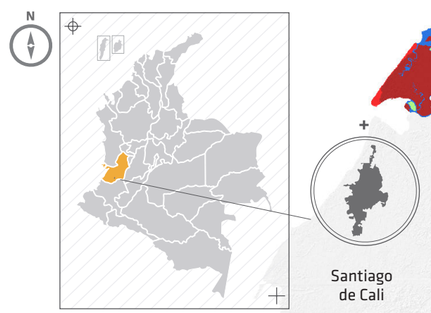
PORCENTAJE DE GRADO DE SALINIZACIÓN



MAGNITUD (hectáreas)

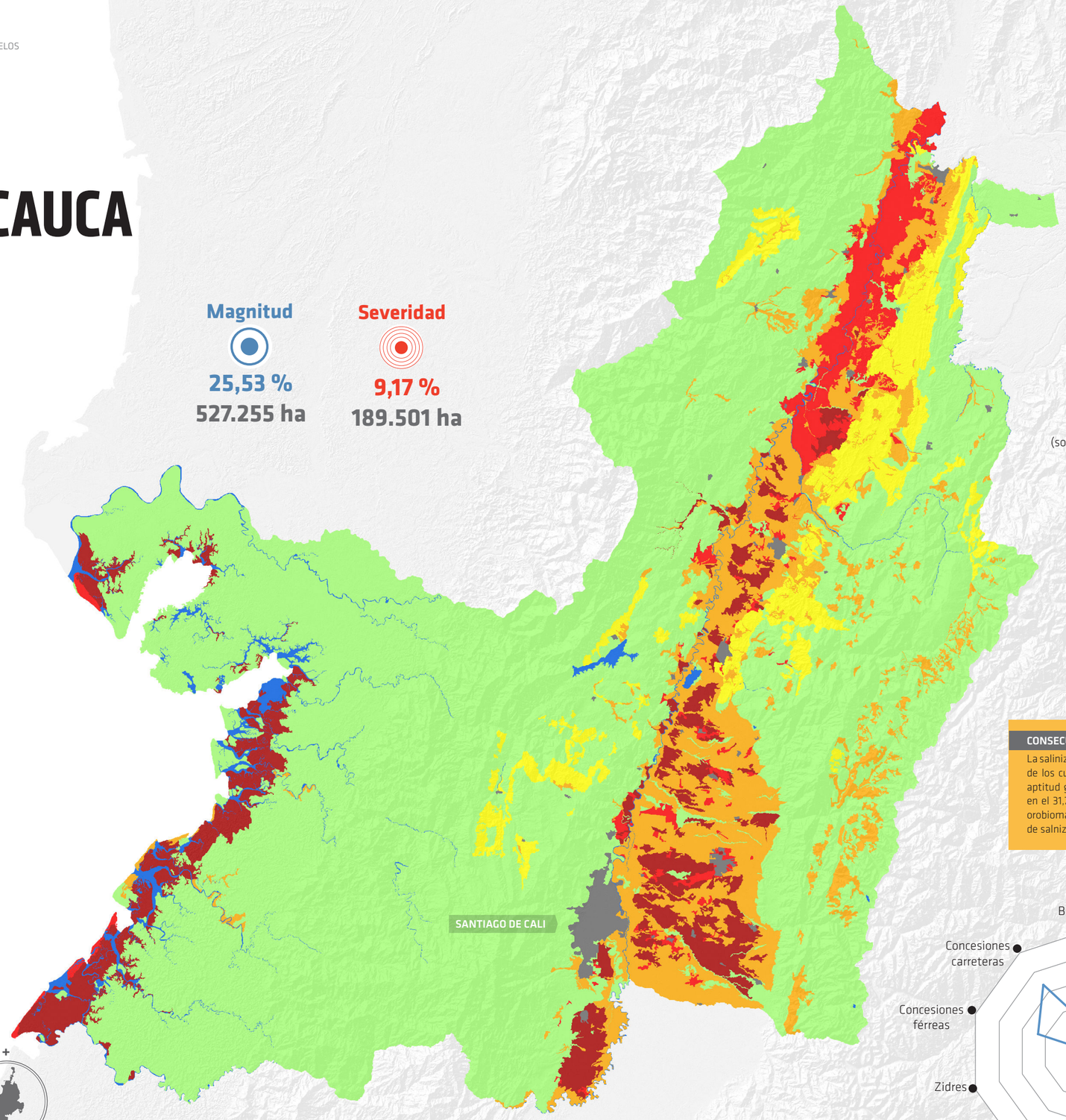


Municipios más afectados



Magnitud
25,53 %
527.255 ha

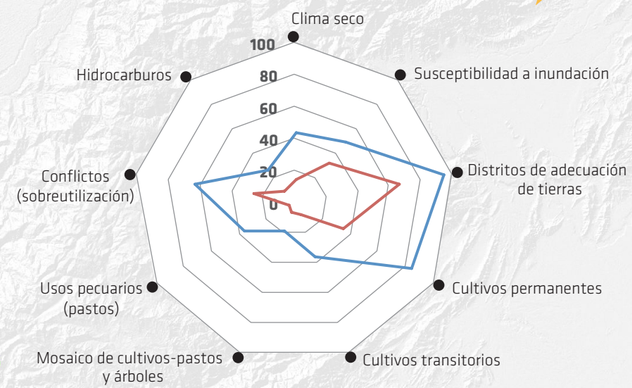
Severidad
9,17 %
189.501 ha



CAUSAS DE LA SALINIZACIÓN

El 94,18 % de los suelos de los distritos de adecuación de tierras presentan algún grado de salinización y el 65,99 % con grados severo y muy severo. Los cultivos permanentes presentan el 83,94 % de su área con procesos de degradación por salinización y el 34,66 % grados severo y muy severo.

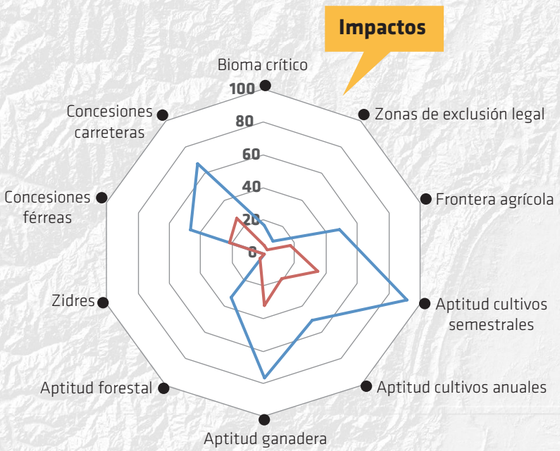
Presiones y fuerzas motrices



CONSECUENCIAS DE LA SALINIZACIÓN

La salinización afecta el 91,82 % de los suelos con aptitud para cultivos semestrales, de los cuales presentan el 35,06 % grados severo y muy severo; los suelos con aptitud ganadera presentan algún grado de salinización en el 76,5 % y severidad en el 31,7 %. En el componente ecosistémico, la mayor afectación la presenta el orobioma azonal subandino, del cual el 17,6 % de sus suelos presenta algún grado de salnización y el 4,7 % grados severo y muy severo.

Impactos



FIGURAS

Figura 1. ~Perfil de suelo....17
Figura 2. ~Principales funciones del suelo....18
Figura 3. ~Principales funciones del suelo....26
Figura 4. ~Procesos de salinización....28
Figura 5. ~Ecosistemas con alta diversidad pueden degradarse por procesos de salinización....34
Figura 6. ~Hitos relacionados con los procesos de degradación de suelos por salinización en los ámbitos mundial y nacional....36
Figura 7. ~Modelo conceptual propuesto para la determinación de zonas susceptibles a salinización a escala nacional....44
Figura 8. ~Mapa susceptibilidad a salinización por condiciones intrínsecas de los suelos....49
Figura 9. ~Mapa susceptibilidad a salinización por clima actual....50
Figura 10. ~Mapa susceptibilidad a salinización por clima proyectado....50
Figura 11. ~Mapa susceptibilidad a salinización por relieve y paisaje....51
Figura 12. ~Mapa susceptibilidad a salinización por uso....51
Figura 13. ~Susceptibilidad de suelos de Colombia a degradación por salinización....53
Figura 14. ~Susceptibilidad a degradación de suelos por salinización por área hidrográfica....54
Figura 15. ~Susceptibilidad a degradación de los ecosistemas por provincia de humedad en hectárea....61
Figura 16. ~Susceptibilidad a degradación de suelos por salinización y cambios en precipitación....62
Figura 17. ~Susceptibilidad a degradación de suelos por salinización y cambios en temperatura....63
Figura 18. ~Área susceptible a degradación por salinización en zonas susceptibles a inundación....64
Figura 19. ~Área susceptible a degradación por salinización en zonas de vulnerabilidad ambiental en porcentaje....64
Figura 20. ~Información cartográfica secundaria utilizada....71
Figura 21. ~Fases, etapas y actividades de la línea base de degradación de suelos por salinización....72
Figura 22. ~Modelo cartográfico para la elaboración de la zonificación final de degradación de suelos por salinización....76
Figura 23. ~Distribución del tipo (%) y grado (ha) de salinización de suelos en Colombia....81
Figura 24. ~Distribución del grado de salinización en el área continental de Colombia (%)....82
Figura 25. ~Distribución del grado de salinización de suelos en Colombia....85
Figura 27. ~Distribución del tipo de salinización por área hidrográfica (ha)....86
Figura 26. ~Distribución del tipo de salinización en Colombia....86
Figura 28. ~Distribución del grado de salinidad por área hidrográfica (ha)....87
Figura 29. ~Magnitud y severidad de la salinización por área hidrográfica....88
Figura 30. ~Distribución del tipo de salinización por departamento....91
Figura 31. ~Distribución del grado de salinización de suelos por departamento (%)....92
Figura 32. ~Magnitud y severidad de la salinización por departamento (%)....93
Figura 33. ~Distribución del tipo y grado de salinización por Autoridad Ambiental (AA) en hectáreas....96
Figura 34. ~Magnitud y severidad de la salinización por autoridad ambiental (%)....98
Figura 35. ~Clasificación de aguas salinas....101
Figura 36. ~Magnitud y severidad de la salinización por provincia de humedad de los ecosistemas....103
Figura 37. ~Magnitud y severidad de la salinización según variación de la precipitación....104
Figura 38. ~Magnitud y severidad de la salinización en los distritos de adecuación de tierras....106
Figura 39. ~Magnitud y severidad de salinización por tipo de uso del suelo....109
Figura 40. ~Distribución de la magnitud y severidad de salinización por conflicto de sobreutilización del suelo....110
Figura 41. ~Magnitud y severidad de salinización por tipo de yacimiento para exploración de hidrocarburos....110
Figura 42. ~Magnitud y severidad de salinización en los ecosistemas....113
Figura 43. ~Distribución de magnitud y severidad en bosques secos....114
Figura 44. ~Distribución de magnitud y severidad en la frontera agrícola....115
Figura 45. ~Distribución de magnitud y severidad en áreas de exclusión legal....115
Figura 46. ~Magnitud y severidad de salinización en la aptitud potencial para tipos de utilización agrícolas....116
Figura 48. ~Magnitud y severidad de salinización en la aptitud potencial para tipos de utilización forestal....117
Figura 47. ~Magnitud y severidad de salinización en la aptitud potencial para tipos de utilización ganaderos....117
Figura 49. ~Magnitud y severidad de la salinización en las Zidres....118
Figura 50. ~Magnitud y severidad de la salinización en las concesiones de carreteras y vías férreas....118
Figura 51. ~Esquema de estrategias para las respuestas a la degradación de suelos por salinización....120
Figura 52. ~Distribución de la salinización en los distritos de conservación de suelos....122
Figura 53. ~Porcentaje de magnitud y severidad de salinización por indicador de causa (fuerzas motrices y presiones)....122
Figura 54. ~Porcentaje de magnitud y severidad de salinización por indicador de impacto....123
Figura 55. ~Focos de degradación de suelos por salinización....124

TABLAS

Tabla 1. ~Suelos de Colombia que presentan salinidad natural según clasificación taxonómica....33
Tabla 2. ~Descripción de las categorías de susceptibilidad....43
Tabla 3. ~Calificación de la taxonomía de suelos....46
Tabla 4. ~Calificación del clima (Caldas-Lang)....46
Tabla 5. ~Evapotranspiración....46
Tabla 6. ~Tendencia de precipitación....46
Tabla 7. ~Cambio de temperatura....47
Tabla 8. ~Calificación de la pendiente....47
Tabla 9. ~Calificación del tipo de relieve....47
Tabla 10. ~Calificación de la cobertura de la tierra....47
Tabla 11. ~Clasificación de tipo de salinización....74
Tabla 12. ~Clasificación por grado de salinización....74
Tabla 13. ~Clasificación de las clases de salinización....74
Tabla 14. ~Probabilidad de ocurrencia (P) y de no ocurrencia (Q) de salinización por nivel de susceptibilidad....75
Tabla 15. ~Distribución de la clase de salinización a nivel nacional (ha)....82
Tabla 16. ~Distribución de las clases de salinidad por área hidrográfica (ha)....90
Tabla 17. ~Distribución del grado de salinización por departamento (ha)....92
Tabla 18. ~Clasificación del tipo de suelo por magnitud y severidad....104

SIGLAS

AA: Autoridad Ambiental
Agrosavia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
AH: Área Hidrográfica
AMS: Alianza Mundial por el Suelo
ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos
ANI: Agencia Nacional de Infraestructura
Asocolflores: Asociación Colombiana de Exportadores de Flores
CAR: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
Carder: Corporación Autónoma Regional de Risaralda
Cardique: Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
Carsucre: Corporación Autónoma Regional de Sucre
CAS: Corporación Autónoma Regional de Santander
CBD: Convención para la Biodiversidad
CDA: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y el Oriente Amazónico
CDMB: Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga
CE: Conductividad eléctrica
Cenicaña: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
CLC: Corine Land Cover
Codechocó: Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó
Colciencias: Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
Coralina: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina
Corantioquia: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia
Cormacarena: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena
Cornare: Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare
Corpamag: Corporación Autónoma Regional del Magdalena
Corpoamazonia: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia
Corpoboyacá: Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Corpocaldas: Corporación Autónoma Regional de Caldas
Corpocesar: Corporación Autónoma Regional del Cesar
Corpochivor: Corporación Autónoma Regional de Chivor
Corpoguajira: Corporación Autónoma Regional de La Guajira
Corpoguavio: Corporación Autónoma Regional del Guavio
Corpomojana: Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y el San Jorge
Corponariño: Corporación Autónoma Regional de Nariño
Corponor: Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental
Corporinoquia: Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia
Corpourabá: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá
Cortolima: Corporación Autónoma Regional del Tolima
CRA: Corporación Autónoma Regional del Atlántico
CRC: Corporación Autónoma Regional del Cauca
CRQ: Corporación Autónoma Regional del Quindío
CSB: Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar
CVC: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
CVS: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge
DTM: Modelo Digital de Terreno
EE. UU.: Estados Unidos de América
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FPEIR: Modelo de Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impacto, Respuestas
GFSCC: Global Forum on Salinization and Climate Change
GISSAT: Grupo de Investigación en Suelos Sulfatados Ácidos
GSP: Global Soil Partnership
Ideam: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi
ILAC: International Laboratory Accreditation Cooperation
INSII: International Network of Soil Information Institutes
IPBES: Plataforma Intergubernamental Científico-Política de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos
ITPS: Intergovernmental Technical Panel on Soils
LADA: Land Degradation Assessment
Minagricultura: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Minambiente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MEC: Mapa Nacional de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos
NDT: Neutralidad en la Degradación de las Tierras
ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible
PGSS: Política para la Gestión Sostenible del Suelo
pH: Reacción del suelo
PMgI: Porcentaje de magnesio intercambiable
PNDF: Plan Nacional de Desarrollo Forestal
PNN: Parques Nacionales Naturales de Colombia
PNR: Plan Nacional de Restauración
Pomca: Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas
PSI: Porcentaje de sodio intercambiable
Ramsar: Convenio de Humedales
RAS: Rata de absorción de sodio
RUNAP: Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SB: Saturación de bases
SCCS: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo
SHMAyCI: Sistema Hidráulico para el Manejo Ambiental y Control de Inundaciones
SIAC: Sistema de Información Ambiental para Colombia
SIMA: Sistema de Información del Medio Ambiente
SINA: Sistema Nacional Ambiental
SINAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SSA: Suelos Sulfatados Ácidos
U.D.C.A: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales
UDEC: Universidad de Cundinamarca
UNCCD: Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía
UNEP: United Nations Environmental Programme
UNFCCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
UPRA: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
UPTC: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
USDA: United States Department of Agriculture
Usochicamocha: Distrito de riego y drenaje de gran escala del alto Chicamocha y Firavitoba
WOCAT: World Overview of Conservation Approach Techniques
Zidres: Zonas de Interés de Desarrollo Rural, Económico y Social