
Análisis socio-ambiental

de la salinización del suelo en el
municipio de Sáchica, Boyacá, Colombia

Socio-environmental analysis of soil salinization
in the municipality of Sáchica, Boyacá, Colombia

Mónica Alejandra Rodríguez Aristizábal

Oscar Luis Pyszczek

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Maestría en Gestión Socioambiental
Especialización en Gestión Social y Ambiental, Bogotá, Colombia
monica.alrodriguez@udca.edu.co; opyszczek@udca.edu.co

Resumen

La salinización es un proceso de degradación química ocasionado por la concentración excesiva de sales en el suelo. Se estima que aproximadamente el 5,6% de los suelos colombianos están afectados por esta condición que repercute en las prácticas sociales cotidianas; sin embargo, la información específica de la situación es escasa, dispersa y desactualizada, por lo que el objetivo del presente artículo consistió en identificar los efectos locales de la problemática en el municipio de Sáchica, Boyacá, uno con mayor riesgo a esta condición en Colombia. La metodología implementada es mixta con predominio cualitativo, derivado de la aplicación de entrevistas, encuestas y análisis de los documentos oficiales, que posibilitaron delinear la visión comunitaria e institucional sobre la cuestión. Los resultados obtenidos evidencian una tímida política de gestión y prevención de la salinización por parte de las autoridades locales como también la acción de factores locales de riesgo.

PALABRAS CLAVE: degradación del suelo; exceso de sales; aproximación socioambiental; actores sociales; prácticas agrícolas; recuperación edáfica.

Abstract

Salinization is a chemical degradation process caused by the excessive concentration of salts in the soil. It is estimated that approximately 5,6% of Colombian soils are affected by this condition that affects daily social practices; nevertheless, the specific information of the situation is scarce, dispersed and outdated; therefore, the objective of this article is to identify the local effects of the problem in the municipality of Sáchica-Boyacá, a place with greater risk of having this condition in Colombia. The methodology implemented is mixed with qualitative predominance, derived from the application of interviews, surveys and analysis of official documents, which made it possible to delineate the community and institutional vision on the issue. The results obtained show a non-existent policy of management and prevention of salinization by local authorities as well as the action of local risk factors.

KEY WORDS: soil degradation; excessive salt concentration; socio-environmental approach; social actors; agricultural practices; edaphic recovery.

1. Introducción

La salinización es un proceso de degradación química del suelo caracterizada por la acumulación de altas concentraciones de sal. El origen del fenómeno puede ser de tipo natural o antrópico, clasificándose como salinización primaria o secundaria respectivamente (CUADRO 1), (Otero *et al.*, 2002). Algunos de los efectos negativos de la salinización se relacionan con la infertilidad del suelo, la incapacidad de recuperación natural, el incremento de las inundaciones, la disminución en la producción del alimento, la pérdida de ecosistemas y, por tanto, de la biodiversidad como una de las consecuencias más importantes de la desertificación del suelo [Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (IDEAM y MAVDT, 2010); Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2015; IDEAM *et al.*, 2017)].

En respuesta a esta problemática existen prácticas de manejo como el uso de enmiendas químicas, método propuesto por la USDA (United States Department of Agriculture), que en la actualidad es el más utilizado para atemperar el fenómeno (Escobar *et al.*, 2011). Otras prácticas para el manejo de suelos salinos son el uso de enmiendas orgánicas, plantas halotolerantes, métodos mecánicos como la mezcla de la capa

superficial, el raspado o ruptura de costras con arado y el lavado o inundación. No obstante, ninguno de estos métodos resulta fácil o económico, por lo cual se dificulta eliminar o disminuir las altas concentraciones de sal en el suelo (Sánchez y Arguello 2006; Gómez, 2013).

En el mundo se estima que aproximadamente 1.180 millones de hectáreas están afectadas por este fenómeno; de las cuales el 84 % se encuentran en Latinoamérica (Wicke *et al.*, 2011) y 5,6 % en Colombia según la cifra reportada más reciente (Otero *et al.*, 2002). Frente a esta situación, la salinización se reconoce tanto a nivel local, departamental y nacional, como un obstáculo en términos de productividad y usos del suelo, generando esfuerzos en los diferentes niveles gubernamentales a fin de prevenir, mitigar y disminuir sus efectos adversos. Varios documentos a escala nacional y departamental dan cuenta de los aspectos relevantes de la problemática de la salinización; así mismo, las políticas para la gestión sostenible del suelo, documentos cartográficos, informes y protocolos para la identificación y el manejo de esta afectación, son muestra del interés que se le brinda a esta situación en el país (MAVDT, 2004; IDEAM e IGAC, 2005; DANE, 2016; MADS, 2015; IDEAM y MAVDT, 2010; IDEAM *et al.*, 2017).

Por tanto, el objetivo del presente artículo consistió en identificar los efectos producidos, en

CUADRO 1 Principales causas del origen de la salinización de tipo natural y/o Antrópico
FUENTE: TOMADO Y MODIFICADO (IDEAM Y MAVDT, 2010; IDEAM *ET AL.*, 2017)

Salinización del suelo primaria o natural	Salinización del suelo secundaria o antrópica
La formación de suelos básicos	Riego con agua de mala calidad
Origen de la roca madre	Fertilizaciones excesivas
Meteorización de minerales	Enmiendas químicas
Ubicación geográfica	Prácticas de manejo agrícola inadecuadas
Clima árido	
Nivel freático	
Malas condiciones de drenaje	

contextos locales, por la salinización del suelo. El espacio en estudio seleccionado ha sido el municipio de Sáchica, una de las áreas del departamento de Boyacá con mayor amenaza y susceptibilidad a la salinización (IDEAM e IGAC, 2005; IDEAM *et al.*, 2017), en pos de contribuir con el diagnóstico y zonificación de la afectación. El fin último ha sido el de proponer estrategias de manejo de los efectos adversos de las altas concentraciones de sal, involucrando plenamente a las comunidades locales afectadas, generando apropiación para la resolución de esta problemática con base en principios orientados a la gestión eficaz y eficiente de la producción local, la seguridad y autosuficiencia alimentaria, el uso de prácticas agroecológicas de manejo, la preservación de la cultura local y de la pequeña propiedad, manteniendo una constante participación de la comunidad en decidir el rumbo de su propio desarrollo agrícola y la conservación y regeneración de los recursos naturales (Altieri, 2009).

2. Materiales y métodos

De acuerdo con el contexto planteado, el presente artículo propone dos etapas metodológicas insertas principalmente en el paradigma cualitativo. En primer lugar, se realizó un diagnóstico geográfico del área en estudio, con el objetivo de sintetizar las principales características físicas y actividades que se desarrollan a nivel local, a fin de determinar el impacto que pueda tener la salinización de los suelos. Posteriormente, se propuso un enfoque orientado a los actores sociales, que consistió en primer término en el análisis de documentos oficiales relacionados con la problemática de la salinización, generados desde distintos niveles administrativos. Posteriormente, se realizaron observaciones directas y sistemáticas en el área de estudio, historias de vida y se han triangulado las experiencias de los residentes locales

damnificados (implementación de entrevistas semiestructuradas a agricultores), con las declaraciones de las autoridades locales (Alcaldía Municipal), especialmente las del Departamento de Planeación y la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA). Esta etapa permitió esbozar una aproximación a la construcción social de la problemática que realizan los actores sociales locales.

Las fuentes de información utilizadas y suministradas en gran medida por el municipio de Sáchica han sido los siguientes: Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019 (Alcaldía de Sáchica-Boyacá, 2016), el análisis de situación de salud de Sáchica, ASIS (ESE Centro de Salud de Sáchica, Área de Vigilancia Epidemiológica, 2016) y el Esquema de Ordenamiento Territorial EOT, 2004-2016, (Alcaldía de Sáchica, 2004) y otros datos suministrados directamente por el departamento de planeación y la UMATA del municipio. Asimismo, información sobre los indicadores de la población han sido extraídos del Censo Nacional 2005, el último disponible (DANE, Censo General - Perfil Sáchica-Boyacá, 2005) y datos obtenidos del tercer censo agropecuario realizado en el año 2014 (DANE, Anexos Municipales, 2016).

Se analizaron también documentos del ámbito regional y nacional fundamentales para conocer el estado actual de la problemática (IGAC, 2004; MAVDT, 2004; MADS, 2015), entre los que se encuentran los mapas de amenaza y susceptibilidad a la salinización en Colombia. Cabe resaltar que, para el año 2017, se publicó la actualización del Protocolo para la Identificación y Evaluación de la degradación de suelos por salinización realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, en colaboración con la Corporación Autónoma Regional y la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (IDEAM y MAVDT, 2010; IDEAM *et al.*, 2017).

3. Resultados

3.1 Contextualización geográfica del municipio de Sáchica

Sáchica es un municipio ubicado en el departamento de Boyacá sobre la cordillera oriental en Colombia. Es un territorio montañoso que distribuye sus tierras en el piso térmico frío y de páramo, con una temperatura promedio de 16,2 °C y una altura de 2.150 msnm. Su extensión total es de aproximadamente 64 km², divididos en 6 veredas: Centro, Arrayan-Canales, Tintal, Espinal, Ritoque y Quebrada Arriba (Alcaldía Municipal Sáchica, 2004; 2016; y 2017). El municipio se encuentra dentro de la provincia de Ricaurte Alto, región donde las condiciones ambientales pueden variar de semiáridas a áridas, con marcada escasez de agua, tanto para consumo humano como para la actividad agropecuaria y económica en general; situación generada por el régimen pluviométrico bimodal que presenta épocas de lluvias entre marzo-mayo y septiembre-noviembre y períodos secos entre diciembre-febrero y julio-agosto.

El sistema hídrico del municipio está conformado por el río Sáchica y el río La Candelaria, cursos fluviales que hacen parte de la cuenca del río Suta, un afluente del río Suárez y este, a su vez, afluente del río Magdalena. También existen varias subcuencas o quebradas tales como: Chiguichanga, Ritoque, La Carcocha y Quebrada Arriba, de tipo permanentes y La Grande, El Jabón, Tensia y Tejar que son intermitentes. Por lo general, durante los períodos secos, los ríos y quebradas disminuyen su caudal, llegando a perderse totalmente en épocas de verano (Alcaldía Municipal Sáchica, 2004; Alcaldía de Sáchica-Boyacá, 2016; Alcaldía de Sáchica - Boyacá 2017).

3.2 Suelos y agricultura en el municipio

Según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), la agricultura es la actividad que más empleo genera en el municipio (IGAC, 2004; Alcaldía de

Sáchica, 2004; DANE, 2016; Alcaldía de Sáchica, 2017) y a la vez, la que más salinización provoca, afectando principalmente a las veredas Centro y Espinal (IDEAM e IGAC, 2005; IDEAM *et al.*, 2017). Desde el punto de vista fisiográfico, los suelos en estas veredas se corresponden con los de la 'zona aluvial'¹. Según la altura se hallan entre 2.000 y 2.500 msnm, que presentan zonas de relieve plano, sujetas a encharcamientos por desbordamientos de los ríos, con usos limitados por deficiencias de humedad en épocas secas. Por otra parte, también se hallan suelos de tipo erosionados, que se presentan en todas las veredas, ocasionando la pérdida de los horizontes superficiales y generando cárcavas² amplias y profundas, desprovistas de vegetación, con afloramientos rocosos y pedregosidad. El municipio de Sáchica tiene el porcentaje de suelos con erosión más alto en el departamento de Boyacá, contando con 94,86% de la severidad de la erosión presentada (IGAC, 2004; Alcaldía de Sáchica, 2004; MADS *et al.*, 2015).

El Esquema de Ordenamiento Territorial de Sáchica contempla la creación de unidades de manejo de los suelos. En el caso de las veredas Centro y Espinal, están comprendidas dentro de la unidad IV, la cual se extiende a lo largo del río Sáchica, abarcando las veredas Arrayán, Centro y parte del Espinal, cuyos suelos tienen como principales limitaciones, una textura fina, presencia de carbonatos y fertilidad de baja a moderada, por lo que la Unidad de manejo ha recomendado, aplicar riego por aspersion, diversificar cultivos con gramíneas o instalar frutales, incorporar residuos orgánicos y fertilizar con materia orgánica. Por su parte, la unidad de manejo VI realiza actividades en áreas del municipio con tipos de suelos presentes en todas las veredas, con limitantes como baja fertilidad, y reacción fuertemente ácida; a excepción de las áreas donde hay carbonatos y el pH es más alto. Para este tipo de suelos también se ha recomendado la rotación de cultivos, aplicar

riego, abonos nitrogenados, recoger las piedras, reforestar con especies nativas y mantener los suelos bajo cobertura vegetal (IGAC, 2004; Alcaldía de Sáchica, 2004).

3.3 Aspectos socioeconómicos

Según el análisis de la situación de la salud (ASIS) del municipio de Sáchica, realizado en el año 2016, la población para este año sumaba un total 3.780 habitantes, de los cuales 1.941 son hombres (51,3%) y 1.839 mujeres (48,7%), observándose una proporción equitativa, con una diferencia de solo 2,6%. Específicamente, para las veredas Centro y Espinal, las más afectadas por la problemática de la salinización, totalizan el 33% del territorio municipal (23,6 km²) y su población total asciende a 2.481 personas, representando aproximadamente al 66% de la población total; siendo un factor clave considerando que la vereda Centro corresponde al sector urbano del municipio (CUADRO 2), (DANE, 2005; ESE Centro de Salud de Sáchica, Área de Vigilancia Epidemiológica, 2016).

Con respecto al sistema agropecuario, según cifras del año 2004, 1.835 ha eran potencialmente aptas para la agricultura y 4.429 ha se consideraban

improductivas, sumando entre ambas veredas, la totalidad de la extensión del territorio (6.262,43 ha). En el mismo informe, se señala que solo estaban sembradas 765 ha, lo que indicaba cierta subutilización del territorio (Alcaldía Municipal de Sáchica, 2004).

En contraparte, para el año 2014, y según los resultados del Tercer Censo Nacional Agropecuario, la situación muestra que de 5.932,5 ha que fueron censadas, se clasificaron 875,6 ha como áreas naturales, 3.190,6 ha como áreas en uso agropecuario, 1.510,5 ha como áreas no agropecuarias y 355,8 ha como áreas en usos y coberturas de la tierra (DANE, 2016). Otros datos reportados en el censo agropecuario detallan que, del total de las áreas con uso agropecuario, 1.868,7 ha corresponden a pastos, 651,9 ha a rastrojos, 669,3 ha son áreas exclusivamente agrícolas y 0,8 ha con uso agropecuarias (Alcaldía Municipal de Sáchica, 2004; DANE, 2016). Esta situación, en comparación con la información reportada para el año 2004, evidencia que el uso agrícola de la tierra disminuyó, pasando de 765 ha a 669,3 ha (Alcaldía Municipal de Sáchica, 2004). El perfil social de los productores se presenta en el CUADRO 3.

CUADRO 2 Indicadores de estructura demográfica, Sáchica-Boyacá, 2005-2016-2020
FUENTE: ASIS SÁCHICA 2016 (ESE CENTRO DE SALUD DE SÁCHICA, ÁREA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA, 2016)

Indicadores demográficos	Año		
	2005	2016	2020
Población total	3.868	3.780	3.734
Población masculina	1.969	1.941	1.922
Población femenina	1.899	1.839	1.812
Relación hombres: mujeres/Índice de Masculinidad	109,69	105,55	106
Índice de infancia (%)	37	32	30
Índice de juventud (%)	26	25	25
Índice de vejez (%)	9	11	12
Índice de envejecimiento (%)	23	35	41
Índice de dependencia infantil (%)	65,36	52,86	48,54
Índice de dependencia mayores (%)	11,18	13,22	14,16

CUADRO 3 Información productores de Sáchica año 2014-2015
FUENTE: DANE, 2016

Total productores	218
Total productores hombres	123
Total productores mujeres	95
Productores en unidades de producción agropecuaria (UPA)	133
Productores unidades de producción no agropecuaria (UPNA)	85
Rango de edad productores	20-60 años
Escolaridad productores	Básica primaria

Por otra parte, de las 669 ha de producción agrícola en el municipio, predominan los cultivos de cebolla de bulbo y tomate realizados mayoritariamente en invernaderos. Otros cultivos reportados en el inventario agrícola del Tercer Censo Nacional Agropecuario fueron el cultivo de plántanos, tubérculos, frutales, cereales, flores y follajes, plantas forestales y cultivos de hortalizas, verduras o legumbres (DANE, 2016). Dentro de las áreas de siembra de los cultivos predominantes de cebolla y tomate se encuentran las veredas Centro y Espinal, que en la actualidad presentan mayores áreas con tomate, debido principalmente a las dificultades propias del proceso de los cultivos, que para el caso de la cebolla requiere más inversión económica y de recursos humanos.

Cabe destacar que los cultivos de tomate y cebolla son altamente sensibles a la salinización del suelo, tolerando hasta 2 dS/m de conductividad eléctrica (parámetro relacionado directamente con la concentración de sales en el suelo), (Cuartero *et al.*, 1999; Goykovic *et al.*, 2014), razón por la cual se ven afectados los agricultores en estas veredas, donde, se hallaron conductividades eléctricas de hasta 11,2 dS/m, que se corresponde con una salinidad alta (IGAC, 2017).

3.4 Estado actual de la problemática de salinización del suelo en Sáchica-Boyacá

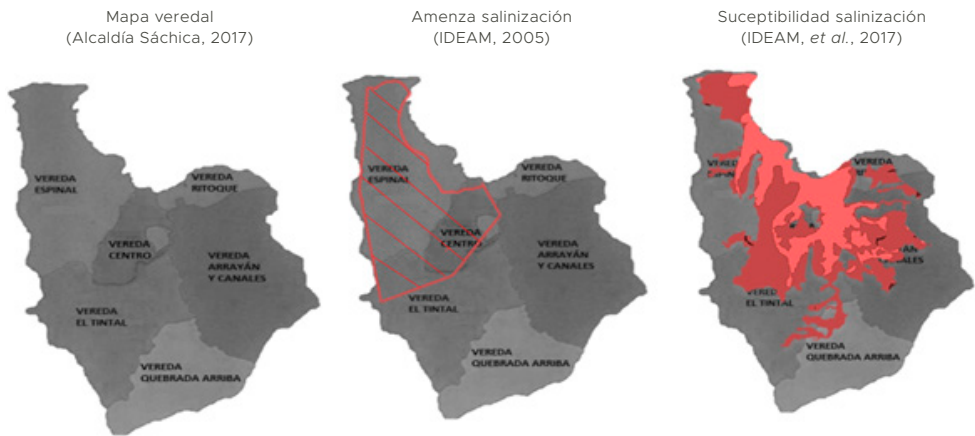
De acuerdo al mapa de amenaza por salinización del suelo (escala 1:1.500.000), publicado por el IDEAM y el IGAC en el año 2005, para el municipio de Sáchica, las veredas Centro y Espinal poseen un alto riesgo de presentar procesos de degradación del suelo por altas concentraciones de sal (FIGURA 1).

Con dicho antecedente, se inició la elaboración de un nuevo recurso cartográfico que reflejara de una manera más detallada la situación de la problemática actual de la salinización a nivel nacional, regional y local. Sin embargo, conocer el estado actual de la concentración de sales constituye un reto, debido al dinamismo que presenta este fenómeno. Es por ello que se elaboró un mapa a escala 1:1.200.000, que representa las zonas con susceptibilidad a este proceso de degradación, convirtiéndose en la línea base para identificar y evaluar este proceso, a fin de monitorear y dar respuesta a los efectos adversos (MADS, 2015; IDEAM *et al.*, 2017).

La información a nivel local para el municipio de Sáchica es escasa, por lo que, de acuerdo con la revisión de los instrumentos de planeación disponibles, no se contempla esta problemática como tema de discusión municipal, por lo cual no se han

FIGURA 1 Mapa veredal del municipio de Sáchica, en contraposición con los mapas de amenaza y susceptibilidad a la salinización del suelo

FUENTE: ALCALDÍA DE SÁCHICA, 2004; IDEAM E IGAC, 2005; ALCALDÍA DE SÁCHICA-BOYACÁ, 2016; IDEAM, 2015; IDEAM ET AL., 2017, MODIFICADO POR LOS AUTORES



desarrollado estrategias para la gestión y atención de la comunidad afectada. Por otra parte, según datos recabados con los agricultores de la zona, la problemática de la salinización del suelo no es reciente, pues se conoce que aproximadamente desde hace 30 años tiene presencia.

Según los documentos analizados, la única referencia sobre la salinidad de los suelos para

el municipio de Sáchica, surge en la descripción de las zonas de producción, del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT), divididas en zonas agropecuarias de mediana, mediana-baja y baja productividad, concentradas en la cuenca del río Sáchica (CUADRO 4), donde también se encuentran las veredas Centro y Espinal (Alcaldía municipal de Sáchica, 2004).

CUADRO 4 Descripción de las características de los suelos, y amenazas en las zonas de productividad

FUENTE: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL SÁCHICA 2004-2016, (ALCALDÍA MUNICIPAL DE SÁCHICA, 2004) MODIFICADO POR LOS AUTORES

MEDIANA	Los suelos son profundos, de relieves planos y de texturas medianas Bien drenados Presentan fertilidad de moderada a baja Son suelos neutros a ligeramente ácidos
MEDIANA-BAJA	Los suelos son profundos a moderadamente profundos, de relieves planos a ligeramente planos y de texturas medias Presentan fertilidad baja a moderada Son suelos neutros a muy ácidos Presentan erosión ligera Presentan salinidad ligera a una profundidad mayor de los 40 cm
BAJA	Los suelos son profundos a superficiales, relieve plano a ligeramente plano Moderadamente bien drenados Fertilidad moderada a baja Suelos ligeramente ácidos a alcalinos Limitaciones por la escasa y mala distribución de las lluvias

3.5 Construcción social sobre la problemática de la salinización en el municipio

Como todo fenómeno, la salinización del suelo es una realidad que afecta a la comunidad en la medida de su construcción social; por lo que su abordaje en esta dimensión implicó la ejecución de técnicas cualitativas de recolección de datos, tales como las observaciones sistemáticas y directas de procesos relacionados con el cultivo de tomate, muy típico en la zona; entrevistas semiestructuradas a actores sociales con el fin de identificar la concepción local de la problemática y adicionalmente, el desarrollo de la técnica de historia de vida de uno de los agricultores afectados por esta condición. Como parte del proceso de investigación y recolección de datos, se visitaron diferentes invernaderos en las veredas Centro y Espinal, observándose algunos de los efectos de la salinización en las actividades agrícolas desarrolladas en el municipio, que en la actualidad se relacionan en su mayoría, con el cultivo de tomate a campo abierto o en invernadero. Cabe resaltar que el cultivo de tomate es altamente sensible a concentraciones salinas en el suelo relacionadas con valores superiores a 2 dS/m de Conductividad

eléctrica (C_e), por lo cual la observación de los efectos adversos se facilita a simple vista en las características de las hojas, los frutos, la altura de la planta, la clorosis y la marchitez (Cuartero *et al.*, 1999; Casierra *et al.*, 2013; Rodríguez *et al.*, 2019).

Entre los efectos observados, se destacan las costras blancas en el suelo y su correspondiente compactación, tal como son registradas en algunos de los terrenos que se han dejado de usar para fines agrícolas (FIGURA 2). Por otra parte, con base en estas visitas, se seleccionaron dos invernaderos de la vereda Centro para realizar las observaciones directas, escogidos teniendo en cuenta la disposición de los propietarios a participar en la investigación y a partir del grado de afectación por salinización, determinado por el análisis de suelo, donde se encontró que, para estos dos invernaderos los valores de la C_e fueron superior a 9 dS/m.

A partir de la información obtenida fue posible identificar las fases que conlleva el cultivo de tomate, que se repiten desde hace varios años en el municipio. Para el momento de la visita realizada fue posible observar tres procesos consecutivos; el ‘deschuponado’ o poda, el tutorado y la recolección de frutos. De estos procesos cabe resaltar que todos

FIGURA 2 A: Costras salinas invernadero vereda Centro. B: Invernadero vereda Centro afectado por salinización
FUENTE: FOTOGRAFÍA TOMADA POR LOS AUTORES



se ejecutan de modo artesanal, sin la utilización de herramientas o maquinarias. Se evidenció además que se realizan algunas actividades simultáneas como el control de malezas y el diagnóstico de plagas y enfermedades. Del mismo modo, realizar estos procesos contribuye a identificar manchas blancas en el suelo, la clorosis, entorchamiento y/o marchitez de las hojas de la planta y algunos cambios en el tamaño y color de los frutos, síntomas de la salinización (Cuartero *et al.*, 1999; Escobar y Lee, 2001; Casierra *et al.*, 2013).

Del análisis de los resultados obtenidos a partir de las entrevistas realizadas, tanto a los actores institucionales como a los agricultores, se pudieron establecer los aspectos relacionados con las prácticas de manejo de la salinización y con la asistencia técnica y acompañamiento que reciben los afectados. En total fueron entrevistados dos funcionarios de la UMATA, dependencia de la alcaldía relacionada con el manejo agropecuario, y 8 actores sociales claves (productores, trabajadores y residentes) de las veredas Centro y Espinal.

En general, se evidenciaron coincidencias en el análisis de la información obtenida: con respecto al origen de las sales en el suelo: tanto las manifestaciones de los funcionarios de la UMATA como la de los agricultores, convergen en atribuir el aumento de la concentración de sales en el suelo al uso del agua del río para las actividades agrícolas. También se mencionó que el nacimiento del río Sáchica tiene su origen en los termales del área, que según los agricultores del municipio incorpora sales a sus aguas. En segundo lugar, se identificó a partir de los mapas presentados en la FIGURA 1 y de la información obtenida a partir del diagnóstico socio-ambiental de la salinización en el municipio, que la problemática afecta únicamente a las veredas y productores que se encuentran en las cercanías del río, aproximadamente de 20 a 30 personas de las veredas Centro y Espinal. Esta situación se debe a la calidad del agua que en los

períodos secos no solo se vuelve escasa, sino que presenta acumulación de sales, aspecto evidente en momentos de las entrevistas realizadas:

“conozco gente afectada, pero a mí no me han afectado las sales en el suelo, sé que las plantas se queman... Es toda la gente que está por el lado del río, esa agua es muy salada” Oscar Alba, agricultor local vereda Ritoque-Sáchica. Entrevistado en 20/10/2016.

Del análisis general de los entrevistados, se evidencia que, con respecto a las prácticas de manejo de la salinización, las técnicas más usadas corresponden al uso de enmiendas químicas y orgánicas (CUADRO 5), principalmente con calcio, magnesio, cal agrícola y/o yeso entre las primeras y con humus, materia orgánica y en algunos casos particulares la melaza entre las enmiendas orgánicas.

De acuerdo con las entrevistas realizadas a los funcionarios de la alcaldía, estos manifestaron que el acompañamiento técnico está relacionado con problemas fitosanitarios asociados a los cultivos que se dan en la zona, más no a los problemas de la degradación de suelos por salinización; información que es corroborada por el 90% de los agricultores entrevistados, quienes se muestran insatisfechos con el acompañamiento técnico realizado por la UMATA en los problemas relacionados con la salinización, por lo que buscan asesoría técnica en los almacenes agrícolas.

Frente a esta situación, y de acuerdo con la visión institucional sondeada, mientras no sean afectados más productores por la problemática de la salinización, -lo que otorgaría mayor visibilidad-, la Alcaldía no considera necesaria ninguna acción preventiva o de manejo. En contraparte, los productores manifiestan su inconformidad y siguen actuando individualmente, continuando con las prácticas de manejo mencionadas (CUADRO 5) e implementando otras técnicas de cultivo, como la siembra en camas con sustratos, similar a la técnica de cultivos hidropónicos, así mismo, en su preocu-

CUADRO 5 Estrategias locales para el manejo de la salinización del suelo en Sáchica-Boyacá

FUENTE: ELABORADO POR LOS AUTORES

Enmiendas Químicas, Yeso, Calcio, Cal agrícola	El yeso y la cal, mejoran la velocidad de infiltración del agua y desplazan el sodio, solubilizando las sales para facilitar su lixiviación por el perfil del suelo, lejos de la zona radicular. Se requiere de lavado con abundante agua para lixiviar las sales (Longo <i>et al.</i> , 2005)
Enmiendas Orgánicas, materia orgánica, humus	La materia orgánica ayuda en el mantenimiento de la estructura del suelo, también influye en el comportamiento del agua en el suelo aumentando la capacidad de retención de la misma y facilitando su movimiento a través del perfil (Flores <i>et al.</i> , 2014)
Melaza	Mejora la estructura del suelo, aporta carbohidratos para beneficiar el crecimiento de los microorganismos del suelo, ayuda a prevenir la acumulación de patógenos que dañan a las plantas, y contribuye en la disminución de la acumulación de sal que puede causar problemas nutritivos (Zérega y Adams, 1994; Rojas, 2005; Herrada, 2009; Gasca, 2010; Hernández <i>et al.</i> , 2013; Macías, 2014)
Biológicos, microorganismos eficientes	Mejoramiento de la estructura del suelo, algunos microorganismos tienen efecto en el crecimiento de las plantas como promotores de crecimiento vegetal y fijadores de nitrógeno (Terry <i>et al.</i> , 2005; Ramón y Rodas, 2007; Rojas <i>et al.</i> , 2012; Sánchez <i>et al.</i> , 2012)
Cultivo en camas con sustratos diferentes	Se excluye el uso de suelos con problemas de salinidad, cambiándolo por sustratos con cascarilla de arroz, materia orgánica y suelos con condiciones óptimas dispuestos en camas elevadas a 30 cm de los suelos afectados por la salinización (Cánovas, 1995; Baixauli y Aguilar, 2002; Calderón, 2002; Peña <i>et al.</i> , 2013)

pación por encontrar fuentes de mejor calidad de agua, el 30% de los productores han empezado a excavar pozos profundos en sus terrenos.

Finalmente, se implementó la técnica de historia de vida, a fin de indagar con mayor detalle, cómo se ha dado la problemática de la salinización del suelo en Sáchica a través del tiempo (FIGURA 3).

En este sentido ha sido seleccionado el señor Héctor Sierra, uno de los propietarios de los invernaderos, quien evidenció mayor disposición para participar desde sus inicios en la investigación. Los criterios que se consideraron para su selección radicaron en el hecho de que reside hace varios años en el municipio desarrollando sus actividades agrícolas y, además, se ha visto afectado por la problemática de las sales y ha presenciado varias etapas del proceso de degradación del suelo como consecuencia del aumento de estas. El lapso que ha llevado la implementación de la técnica ha sido de 15 días, aunque es menester mencionar que el contacto con el informante clave ha sido de 2 años.

El señor Héctor manifestó que el manejo de los suelos salinizados con enmiendas químicas es una técnica usada tradicionalmente por varias generaciones. Sin embargo, siempre ha estado inquieto por buscar una solución definitiva para contrarrestar las pérdidas que ha presentado en diferentes oportunidades, para lo cual en el último año ha venido implementando surcos con camas levantadas a 25 cm del suelo con diferentes sustratos, principalmente turba y cascarilla de arroz para sembrar el cultivo de tomate, que, con el uso del agua obtenida de las excavaciones para el riego ha mostrado buenos resultados.

Con sus manifestaciones, se ha validado la información obtenida por medio de las otras técnicas cualitativas aplicadas, y fue posible comparar las etapas del proceso de producción del cultivo de tomate mencionadas en la historia de vida, con las actividades detalladas en las observaciones directas.

A través del relato del señor Héctor y como se evidenció en las entrevistas, se resalta que el uso

FIGURA 3 A: Técnica: observación directa en proceso de recolección de frutos
B: Técnica: entrevistas a agricultores Sáchica. C: Técnica: historia de vida

FUENTE: FOTOGRAFÍAS TOMADAS POR LOS AUTORES



indiscriminado de agroquímicos ha sido y continúa siendo uno de los factores de predisposición más altos para el incremento de la concentración de sales en el suelo (IDEAM y MAVDT, 2010; IDEAM *et al.*, 2017). También se corroboró el origen de la salinización atribuido al riego con agua de mala calidad del río Sáchica. La historia de vida de don Héctor Sierra, constituye un valioso recurso para comprender en profundidad las dimensiones individuales que adquiere la problemática de la salinización en los agricultores.

4. Conclusiones

El diagnóstico socio-ambiental de la salinización en el municipio de Sáchica-Boyacá permitió identificar varios aspectos importantes relacionados con esta problemática:

- En primer lugar, se evidenció que la situación ha afectado a los agricultores de las cercanías al río Sáchica desde hace aproximadamente 25-30 años. Sin embargo, el número de productores afectados no ha sido suficiente para visibilizar el problema e incidir en la implementación de políticas para la prevención y manejo de esta afectación del suelo por parte de las autoridades de distintos niveles de decisión.

- En segundo lugar, se determinó que, aunque existe un conocimiento local sobre los aspectos relacionados con la salinización, se observa una imperante necesidad de proporcionar una mayor claridad a los actores relacionados, en cuanto a los aspectos relacionados con el origen y aumento de la concentración de sales en el suelo.
- En tercer lugar, se evidenció que el uso de diferentes técnicas para adecuar parcialmente el suelo afectado, ha sido el mismo a través de los años, siendo las técnicas más usadas las enmiendas químicas y orgánicas, las cuales han permitido mejorar la estructura del suelo y facilitado el drenaje de las sales por medio de la lixiviación a través del perfil del suelo. No obstante, debido a que los problemas derivados de la salinización del suelo han persistido, se ha evidenciado la pérdida del potencial agrícola en algunas áreas de las veredas Centro y Espinal, ubicadas en el área de influencia del río, las más afectadas por esta condición.
- Se ha podido identificar que los agricultores no reciben asesoría técnica por parte de las autoridades locales competentes, sino que buscan soluciones a nivel individual en los almacenes agrícolas del municipio.

Vale la pena resaltar que, si no se conoce claramente el tipo de sales que esta afectando al suelo, la calidad del agua usada para el riego así como los métodos usados para el mismo y el drenaje, difícilmente se podrá realizar un adecuado diagnóstico de la afectación por salinización, así mismo no será posible determinar una adecuada estrategia de manejo.

Finalmente, es importante destacar que las condiciones naturales, tales como la sequía, la sobreexplotación del suelo y el riego con agua de mala calidad-consecuencia del déficit hídrico en la región-, representan factores de predisposición

a la salinización del suelo en estos puntos del departamento de Boyacá, por lo cual, la gestión de la problemática analizada supondrá el manejo de factores tanto naturales como antrópicos, sobre todo relacionados con las prácticas agrícolas locales ya mencionadas en el presente documento.

5. Notas

- 1 Zona aluvial: Porción de espacio alargada, relativamente plana y estrecha, intercalada entre dos áreas de relieve más alto y que tiene como eje a un curso de agua (IGAC, 2017).
- 2 Cárcava: Hoya o concavidad formada en el terreno por la erosión de las corrientes de agua (IGAC, 2017)

5. Referencias citadas

- ALCALDÍA DE SÁCHICA-BOYACÁ. 2004. *Esquema de Ordenamiento Territorial Sáchica-Boyacá*. Documentos municipales. Boyacá, Colombia.
- ALCALDÍA DE SACHICA-BOYACÁ. 2016. *Plan de desarrollo 2016-2019 'Más agua para Sáchica'*. Sáchica, Boyacá, Colombia.
- ALCALDÍA DE SÁCHICA-BOYACÁ. 2017. *Para Servirle Sumercé! (Portal web)*. Disponible en: <http://www.sachica-boyaca.gov.co/>. [Consulta: abril, 2017].
- ALTIERI, M. A. 2009. "El estado del arte de la Agroecología: revisando avances y desafíos". Capítulo 3. En: SOCLA Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. *Vertientes del pensamiento Agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. pp. 69-95. Medellín, Colombia.
- BAIXAULI, S. C. y O. J. AGUILAR. 2002. *Cultivo sin suelo de hortalizas*. Publicación de la Generalitat Valenciana, Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. España.
- CALDERÓN, F. 2002. "Casarilla de arroz caolinizada". *Drcalderonlabs*. Disponible en: <http://www.drcalderonlabs.com/>. [Consulta: julio, 2018].
- CÁNOVAS, F. 1995. "Manejo del cultivo sin suelo". En: F. NUEZ (ed). *El cultivo del tomate* pp. 228-254. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- CASIERRA POSADA, F.; ARIAS AGUIRRE, J. A. y A. C. PACHÓN. 2013. "Efecto de la salinidad por NaCl en híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller)". *Orinoquia*, 17(1): 23-29.
- CUARTERO, Z. J.; FERNÁNDEZ, M. R. y F. J. GONZALEZ. 1999. "Estrés abióticos". En: F. NUEZ (ed). *El cultivo de tomate*. pp. 255-278. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). 2005. *Censo General - Perfil Sáchica - Boyacá, Colombia*. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/>. [Consulta: mayo, 2018].
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). 2016. *Anexos Municipales*. 3er Censo Nacional Agropecuario, 2013-2014, TOMO I, II, III. pps. 1036. Bogotá, Colombia .

- ESCOBAR, H. y R. LEE. 2001. *Producción de tomate bajo invernadero*. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Colciencias. Centro de Investigación y Asesorías Agropecuarias. (1ª ed.). Impresión Ultracolor Ltda. Bogotá, Colombia.
- ESCOBAR, O. Z.; SARAVIA, J. C.; GUEPENDO, R. C. y J. A. OSPINA. 2011. "Evaluación de tecnologías para la recuperación de suelos degradados por salinidad." *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(1): 5.769-5.779.
- ENTIDAD SALUD DEL ESTADO CENTRO DE SALUD DE SÁCHICA, ÁREA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA. 2016. *Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud (ASIS) Informe*. Alcaldía de Sáchica, Boyacá, Colombia. Disponible en: <https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/>. [Consulta: abril, 2018].
- FLORES, E.; FLORES, J. y J. TÓRREZ. 2014. "Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato (Ca(SO₄)1/2H₂O) en la comunidad de Yotala". *Revista de aplicaciones de la ingeniería*, 1(1): 37-59.
- GASCA, V. C. 2010. *Cambio en el PSI y la RAS de un suelo y su influencia en la actividad y biomasa microbiana*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Tesis de Grado.
- GÓMEZ, P. S. 2013. *Manejo y conservación de suelos*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Pereira, Colombia. Disponible en: <http://datateca.unad.edu.co/>. [Consulta: mayo, 2018].
- GOYKOVIC CORTÉS, V.; ALANOCA, P. y M. CALLE LLAVE. 2014. "Efecto de la salinidad sobre la germinación y crecimiento vegetativo de plantas de tomate silvestres y cultivadas". *Revista Interciencia*, 39(7): 511-517.
- HERNÁNDEZ-ARAÚJO, J.; GASCÓ GUERRERO, G.; MÁRMOL, L.; BÁRCENAS, J. y V. POLO. 2013. "Biorrecuperación de suelos salinos con el uso de materiales orgánicos. Lavado de sales". *Revista Facultad Agronomía*, 30: 481-503.
- HERRADA, U. J. 2009. *Disminución de los efectos de sodicidad con aplicaciones de vinaza en un suelo del Valle del Cauca-Colombia*. S. P.-M. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Valle del Cauca, Colombia. Tesis de Grado.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) e INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). 2005. *Mapa amenaza por salinización, Escala 1: 1.500.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, Colombia.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) y MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT). 2010. *Protocolo de degradación de suelos y tierras por erosión y salinización*. (IGAC, IDEAM & MAVDT. Edits.) Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://documentacion.ideam.gov.co/>. [Consulta: agosto, 2018].
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL (CAR) y UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES (UDCA). 2015. *Mapa Susceptibilidad a la Salinización 1:1.200.000*. Bogotá. Disponible en: <http://www.siac.gov.co/>. [Consulta: junio, 2017].
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL (CAR) y UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES (UDCA). 2017. *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por salinización*. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.andi.com.co/>. [Consulta: junio, 2017].

- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). 2004. *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá*. Subdirección de Agrología. Bogotá, Colombia.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). 2017. *Informe de resultados análisis de salinidad del suelo*. Laboratorio de suelos. Bogotá, Colombia.
- LONGO, A.; FERRATTO, J.; MONDINO, M. y R. GRASSO. 2005. "Incorporación de azufre yeso en suelo salino-sódico: su efecto sobre el rendimiento y calidad de lechuga bajo invernadero". *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*, 4(1-2): 31-36.
- MACIAS CASTAÑEDA, F. 2014. *Aplicación de melaza en el sistema de riego en la producción de chile habanero (Capsicum chinense. jacq)*. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Tesis de grado.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS), INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) y UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS y AMBIENTALES (UDCA). 2015. *Estudio Nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia*. Bogotá, Colombia.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS). 2015. *Política para la gestión sostenible del suelo*. Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://www.andi.com.co/>. [Consulta: junio, 2018].
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT). 2004. *Plan de Acción Nacional: lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia (PAN)*. Bogotá, Colombia.
- OTERO, G. J.; GÓMEZ, C. y R. SÁNCHEZ. 2002. *Zonificación de los procesos de salinización de los suelos de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (DEAM). Bogotá, Colombia.
- PEÑA, M. Y.; CASIERRA POSADA, F. y O. I. MONSALVE. 2013. "Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum*L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos". *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2): 217-277.
- RAMON, V. A. y F. RODAS. 2007. *El control biológico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo*. Disponible en: www.darwinnet.org. [Consulta: agosto, 2018].
- RODRIGUEZ ARISTIZABAL, M. A.; HIGUERA MORA, N. C. y D. W. SANJUANELO CORREDOR. 2019. "Bacterias halófilas con potencial para la recuperación de suelos salinizados en Sáchica-Boyacá, Colombia". *Revista de Biología Tropical*, 67(3): 621-632.
- ROJAS, C. C. 2005. *Recuperación de suelos afectados por sales en el departamento del Valle del Cauca mediante el uso de vinaza concentrada*. Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. Tesis de grado.
- ROJAS, T. D.; MORENO, G. A.; PARDO, D. S.; OBANDO, M. & D. RIVERA. 2012. "Effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) on amelioration of saline stress in maize (*Zea mays*)". *Applied Soil Ecology Journal*, 61: 264-272.
- SANCHEZ, L. D.; GOMEZ, V. R. y R. M. GARRIDO. 2012. "Inoculación con bacterias promotores de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(7): 1401-1415.
- SÁNCHEZ, L. L. y A. H. ARGUELLO. 2006. "Capacidad de bacterias halófilas para capturar sodio in vitro y su posible aplicación en biorremediación en suelos salinos-sódicos". *Revista Nova*, 4: 19-32.

- TERRY, A. E.; LEYVA, Á. y A. HERNÁNDEZ. 2005. "Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)". *Revista Colombiana de Biotecnología*, 7(2): 47-54.
- WICKE, B.; SMEETS, E.; DORNBURG, V.; VASHEV, B.; GAISER, T.; TURKENBURGA, W. & A. FAAIJA. 2011. "The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils". *Energy & Environmental Science*, 4: 2.669-2.681.
- ZÉREGA, L. y M. ADAMS. 1994. "Efectos de la cachaza y el azufre sobre un suelo salino-sódico del estado Carabobo bajo condiciones de invernadero". *Revista Caña de Azúcar*, 9(02): 110-126.