

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Actualmente, la salinidad de los suelos es un problema que restringe las actividades agrícolas, sin importar si son grandes o pequeñas extensiones de tierra, ya que provoca la disminución de la capacidad productiva de los suelos y rendimiento de los cultivos, afectado la calidad ecológica del medio ambiente, principalmente en zonas donde la evaporación superficial y la absorción de agua por las plantas exceden el nivel de las precipitaciones, lo que origina un movimiento ascendente de las sales disueltas en las aguas subterráneas, desplazándose estas hacia la superficie del suelo, degradando con frecuencia las condiciones estructurales y químicas de los suelos (Hanay et al. 2004; Liang et al. 2005; Smith y Smith 2007).

Uno de los problemas clásicos de degradación de la tierra que ha tenido que enfrentar el hombre, ha sido el de controlar, prevenir o mejorar los suelos afectados por la salinidad.

En las regiones áridas, semi áridas y estepas, donde la evaporación es mayor que las precipitaciones, se ubican las regiones más afectadas por sales (Kovda, 1964; citado por Obregón, 1996).

También puede aparecer en lugares con prolongados periodos de sequía, como en zonas climáticas templadas, secas y trópicos secos. Otros lugares donde es posible encontrar suelos con problemas, son los cercanos al mar (costas, lagunas, litorales y pantanos), o bien en la cercanía de domos salinos, manantiales de aguas salinas y mantos freáticos salinos.

De acuerdo a Flores (1993), la salinidad en forma natural (primaria), está ampliamente distribuida en el globo terráqueo y se incrementa a medida que se presentan cambios climáticos mayores; procesos geomorfológicos de sedimentación, erosión y redistribución de materiales; así como cambios en la hidrología superficial y subterránea

EL Valle Central de Tarija, por la condición edafoclimática, tiene suelos con diferentes grados de salinidad que se manifiesta en la superficie, en algunos casos por colores blanquecinos (eflorescencias salinas) es un síntoma muy patente. O en otros casos las plantas parecen como si les faltara el agua y las puntas están quemadas, marrones. Y puede intensificarse debido a diferentes causas como el uso de fertilizantes.

1.1.1 Justificación

Debido a que la salinidad de los suelos puede constituirse en un factor limitante para el adecuado desarrollo de las plantas, incidiendo negativamente en su capacidad productiva, se hace necesario conocer el grado de salinidad que pueden presentar los suelos de la comunidad de San Nicolás para recomendar su uso y manejo.

La comunidad de San Nicolás provincia Uriondo Departamento de Tarija se encuentra afectado con este problema de salinidad en algunas parcelas. Mayormente en terrenos donde se están habilitando mediante maquinas niveladoras.

Por esta razón se quiere realizar el presente estudio de la salinidad de los suelos de esa zona, mediante un diagnóstico detallado de los suelos. Para poder posteriormente clasificarlos y determinar el grado que afecta o no afecta la salinidad en los cultivos que se desarrollan en dicha comunidad.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar la salinidad de los suelos a nivel predial en la comunidad de San Nicolás empleando métodos de campo y laboratorio con el fin de mejorar su manejo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar la presencia de sales en los predios, en función al pH y conductividad eléctrica
- Clasificar la salinidad de los predios de la comunidad de San Nicolás en función al pH y CE
- Elaborar el mapa temático en función al pH y conductividad eléctrica de la comunidad de San Nicolás
- Proponer pautas de manejo de suelo en función al grado de salinidad

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Salinidad de los suelos



Fig. 1 Efecto de la salinidad en plantas de maíz

La salinidad del suelo se refiere a la cantidad de sales en el suelo y puede ser estimada por la medición de la conductividad eléctrica (CE) de una solución extraída del suelo. La sal es un compuesto químico formado por iones con carga negativa enlazados a iones con carga positiva. Un fertilizante es una sal.

La salinidad es un ejemplo de degradación de los suelos, que presentan cambios significativos en su comportamiento físico-químico. Es conveniente mencionar, que la distribución de las sales en el suelo es heterogénea, debido a que la salinización es un proceso complejo y variable en el espacio y tiempo a diferentes escalas de observación. Considerando lo anterior, el patrón de la variabilidad del contenido de sales cambia en función de la estación del año, aumentando su concentración en la temporada de estiaje, lo cual, afecta el estado físico de la superficie del suelo disminuyendo drásticamente la infiltración (Ruiz et al. 2007).

La concentración de sales confiere a los suelos, propiedades con efectos nocivos para los cultivos, donde se distinguen dos situaciones, según sea el catión predominante en el complejo de cambio Ca^{2+} o Na^{+} . Si el catión predominante es el Ca^{2+} , y las sales solubles son muy abundantes en el suelo, es probable que el perfil se encuentre muy poco diferenciado, pero su estructura tiende a ser estable, como resultado de la acción floculante del Ca^{2+} , por lo que la alta presión osmótica de la solución del suelo es la responsable de la baja productividad. A estos suelos se les denomina suelos salinos o halomorfos¹, siendo el suelo representativo el Solonchak que son suelos que tienen alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Asimismo los Solonchaks, están ampliamente confinados a zonas climáticas áridas y semiáridas y regiones costeras en todos los climas (IUSS 2007).

Sin embargo cuando el Na^{+} es el catión dominante se produce la dispersión de las arcillas, lo que lleva a una destrucción de la estructura. Además de que la hidrólisis de las arcillas sódicas, conduce a la alcalinización del perfil, y estas provocan una intensa alteración mineral, reflejándose en un perfil bien diferenciado desde el punto de vista morfológico. A estos suelos se les llama suelos sódicos o en ocasiones alcalinos y su clase representativa es el Solonetz, que son suelos con un horizonte sub superficial arcilloso denso, fuertemente estructurado, que tiene una proporción elevada de iones Na^{+} y/o Mg^{2+} adsorbidos (IUSS2007).

Se debe considerar que todos los suelos contienen sales y que algunas de éstas se convierten en un problema cuando se concentran en la zona radical de los cultivos. Esto provoca valores muy altos de la presión osmótica en el agua del suelo, con evidentes repercusiones sobre el desarrollo de las plantas (Sánchez et al. 2008). Considerando lo anterior, el objetivo de este trabajo es describir el proceso de salinidad a partir de su origen, dinámica y consecuencias en los suelos.

Suelos cuya concentración de sales en su perfil produce la disminución y pérdida de su capacidad productiva, por el efecto adverso en las propiedades físicas, químicas y biológicas. Para el estudio de la salinidad, los suelos se clasifican en salinos, sódicos y salino – sódicos.

Suelos Salinos: Se definen como los que contienen en la zona radicular una cantidad de sales disueltas en la solución del suelo (elevada Conductividad Eléctrica - CE) suficientemente alta para restringir el desarrollo de los cultivos. La reacción de estos suelos va de neutra a ligeramente alcalina. El pH puede variar entre 7 y menos de 8,5. El PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable) se mantiene por debajo de 7, por lo que la estructura no se ve afectada.

Suelos Sódicos: Se definen como los que contienen en la zona radicular suficiente sodio adsorbido por el complejo de cambio para desarrollar propiedades físicas y químicas desfavorables, restringiendo el normal crecimiento de las plantas. La reacción de estos suelos varía según el PSI y la presencia o ausencia de CO₃; ó C03. El pH va desde 8 hasta más de 9,5. El contenido en sales de estos suelos es generalmente bajo (CE < 2 mmhos/cm).

Suelos Salino Sódicos: Son aquellos que contienen una cantidad de sales solubles, (medidas por la CEe), y un PSI suficientes para restringir el crecimiento de las plantas. Como límite se adoptan: CEe > 2 mmhos/cm y PSI >

7. La reacción de estos suelos varía con su grado de salinidad, y con la presencia de CO₃; ó C03.

2.2 Origen de la salinidad

Las sales, tanto las de Ca, Mg, K como las de Na, proceden de muy diferentes orígenes. En líneas generales, pueden ser de origen natural o proceder de contaminaciones antrópicas.

2.2.1 Causas naturales

En primer lugar pueden proceder directamente del material original. Efectivamente algunas rocas, fundamentalmente las sedimentarias, contienen sales como minerales

constituyentes. Por otra parte, en otros casos ocurre que si bien el material original no contiene estas sales, se pueden producir en el suelo por alteración de los minerales originales de la roca madre.

Por otra parte, también las sales disueltas en las aguas de escorrentía, se acumulan en las depresiones y al evaporarse la solución se forman acumulaciones salinas. Muchos de los suelos salinos deben su salinidad a esta causa.

También frecuentemente los suelos toman las sales a partir de mantos freáticos suficientemente superficiales (normalmente a menos de 3 metros). Los mantos freáticos siempre contienen sales disueltas en mayor o menor proporción y en las regiones áridas estas sales ascienden a través del suelo por capilaridad. En general, la existencia de mantos freáticos superficiales ocurre en las depresiones y tierras bajas, y de aquí la relación entre la salinidad y la topografía.

La contaminación de sales de origen eólico es otra causa de contaminación. 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.

El enriquecimiento de sales en un suelo se puede producir, en las zonas costeras, por contaminación directa del mar, a partir del nivel freático salino y por la contribución del viento.

En algunas ocasiones, la descomposición de los residuos de las plantas, liberan sales que estaban incluidas en sus tejidos y contribuyen de esta manera a aumentar la salinidad del suelo; otras veces las plantas contribuyen a la descomposición de minerales relativamente insolubles y a partir de ellos se forman sales. De cualquier manera, aunque este efecto ha sido mostrado por varios autores (examinando la salinidad de suelos sin vegetación y suelos con un determinado tipo de vegetación) globalmente este efecto carece de importancia.

2.2.2 Contaminación antrópica

La salinidad 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. La actividad agraria y especialmente el riego, ha provocado desde tiempos remotos procesos de salinización de diferente gravedad: cuando se han empleado aguas conteniendo sales sin el debido control (acumulándose directamente en los suelos o contaminando los niveles freáticos), o bien cuando se ha producido un descenso del nivel freático regional y la intrusión de capas de agua salinas, situadas en zonas más profundas, como consecuencias de la sobreexplotación.

Es clásico el ejemplo de la región de Mesopotamia en la que la utilización de aguas de riego salinas condujo a la salinización de los suelos. La pérdida de la productividad de las tierras fue la causa de caída de la civilización sumeria hace unos 5000 años. Hoy día se acepta que la mayor parte de los suelos bajo riego presentan algunas pérdidas de productividad por problemas de salinidad.

También se ocasionan problemas graves de salinización en superficies de cotas bajas, cuando se realizan transformaciones de riego de áreas situadas en zonas

altas y no se ha previsto su influencia en aquellas otras. Directamente por la acción de las aguas de riego, pero también se puede producir por las movilizaciones de tierras que pueden provocar la aparición de rocas salinas en la superficie del terreno que además de contaminar a los suelos in situ provocaran su acumulación en los suelos de las depresiones cercanas por acción de las aguas de escorrentía.

El empleo de elevadas cantidades de fertilizantes, especialmente los más solubles, más allá de las necesidades de los cultivos, es otra de las causas que provocan situaciones de altas concentraciones de sales, que contaminan los acuíferos y como consecuencia los suelos que reciben estas aguas.

1.1. La relación entre la salinidad y la sodicidad

La salinidad y el Sodio tienen un efecto opuesto en la estructura del suelo.

Sodio: Aumenta la dispersión del suelo.

Salinidad: Induce la floculación o aglutinación de las partículas del suelo.

La aglutinación de las partículas del suelo mejora las propiedades físicas del suelo. El suelo se vuelve más permeable, aumenta su nivel de aireación y el crecimiento de las raíces mejora considerablemente.

A pesar de que las sales evitan los efectos destructivos del Sodio en la estructura del suelo, la salinidad excesiva es perjudicial para el crecimiento de las plantas.

Fig. 2 Sensibilidad de los cultivos a algunos factores limitantes de la aptitud agrícola del suelo.

Recopilación bibliográfica (Ortega, A y Corbalán, E, 2001)..

<p>2.</p> <p>FACTORES LIMITANTES</p> <p>SALINIDAD:</p> <p><i>Cultivos sensibles:</i> Apio, arveja, batata, citrus, frutales de carozo, frutales de pepita, frutilla, garbanzo, maní, palto, poroto, rábano.</p> <p><i>Cultivos semi-tolerantes:</i> Alfalfa, arroz avena, centeno, girasol, hortícolas (mayoría), olivo, peral, soja, trigo, vid.</p> <p><i>Cultivos tolerantes:</i> Agropiro, algodón, cebada, espárrago, espinaca, festucas, lotus, morera, palma datilera, phalaris, sorgos, remolacha.</p> <p>SODICIDAD:</p> <p><i>Cultivos sensibles:</i> Citrus, frutales, maíz, poroto.</p> <p><i>Cultivos tolerantes:</i> Alfalfa, algodón, arroz, cebada, cebolla, hortícolas (mayoría), tomate, trigo.</p>
--

FUENTE: Diagnóstico de Suelos. Ing. Agr. Adriana Ortega; Ing. Agr. Eduardo Corvalan. INTA EEA Salta

La salinidad puede afectar el crecimiento de las plantas en varias maneras:

- Los daños directos que causa la salinidad
 - Disminución de la absorción del agua por las raíces

Una concentración alta de sales tiene como resultado potencial osmótico alto de la solución del suelo, por lo que la planta tiene que utilizar más energía para absorber el agua. Bajo condiciones extremas de salinidad, las plantas no pueden absorber el agua y se marchitan, incluso cuando el suelo alrededor de las raíces se siente mojado al tacto.

- Toxicidad por iones específicos

Cuando la planta absorbe agua que contiene iones de sales perjudiciales (por ejemplo, sodio, cloruro, exceso de boro etc.), síntomas visuales pueden aparecer, tales como puntas y bordes de las hojas quemadas, deformaciones de las frutas etc.

- Los daños indirectos de la salinidad

- Interferencia con la absorción de nutrientes esenciales

Un desequilibrio en la composición las sales en el suelo puede resultar en una competencia perjudicial entre los elementos. Esta condición se llama "Antagonismo". Es decir, un exceso de un ion limita la absorción de otros iones. Por ejemplo, el exceso de cloruro reduce la absorción del nitrato, el exceso de fósforo reduce la absorción del manganeso, y el exceso de potasio limita la absorción del calcio.

- El efecto del sodio en la estructura del suelo.

En suelos que contienen altos niveles de sodio, el sodio desplaza el calcio y el magnesio que son adsorbidos en la superficie de partículas de arcilla en el suelo. Como resultado, la agregación de las partículas del suelo se reduce, y el suelo tiende a dispersarse. Cuando está mojado, un suelo sodico tiende a sellarse, su permeabilidad se reduce drásticamente y, por tanto, la capacidad de infiltración de agua se reduce también. Cuando está seco, un suelo sódico se dura y se atterra. Esto puede resultar en daños a las raíces.

Tome en cuenta que la salinidad por sí misma mejora la estructura del suelo y elimina, hasta cierto punto, el efecto negativo del sodio, pero por supuesto, la salinidad no puede ser aumentada sin afectar el crecimiento de las plantas.

2.4 Conductividad eléctrica

La conductividad se define como la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua. La conductividad nos da una idea del contenido total de sales en el agua. Cuanto más elevada sea la conductividad mayor será el contenido en sales.

Las unidades de medida más frecuentes son milisiemens por centímetro (mS/cm) y microsiemens por centímetro (μ S/cm).

$$1 \text{ mS/cm} = 1000 \text{ } \mu\text{S/cm}$$

$$1 \text{ dS / m} = 1 \text{ mS/cm}$$

$$1 \text{ mho/cm} = 1000 \text{ milimhos/cm} = 1.000.000 \text{ micromhos/cm}$$

$$1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ milimho/cm}$$

$$1 \text{ } \mu\text{S/cm} = 1 \text{ micromhos/cm}$$

Aguas de menos de 1,2 mS/cm o 1200 μ S/cm no suelen plantear ningún problema, por el contrario aguas con una conductividad por encima de 2,5 mS/cm o 2500 μ S/cm no son aconsejables para el riego

El desarrollo de los cultivos está condicionado por muchos factores, tanto bióticos como abióticos, dentro de estos últimos se encuentran las propiedades fisicoquímicas de los suelos. Sin duda, algo que determina la calidad y fertilidad de un suelo agrícola es el contenido de sales presentes. Estas sales reducen el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo al mismo tiempo la disponibilidad de agua para las plantas, a pesar de que el suelo m111uestre niveles razonables de humedad. Los problemas de salinidad son más acentuados en regiones áridas y semiáridas. La manera en la que se mide dicha salinidad en los suelos es mediante la conductividad eléctrica (CE).

2.4.1 Salinidad en los suelos agrícolas

La salinidad a menudo se confunde con sodicidad del suelo, pero son dos cosas completamente distintas, ya que estos suelos tienen diferencias significativas en sus propiedades químicas como se aprecia en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de suelos afectados por sales de acuerdo a sus propiedades químicas.
Fuentes: Havlin, 2013.

Grupo de suelo	CE _e	Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)	pH del suelo
Salino	>4	<15	<8.5
Sódico	<4	>15	>8.5
Salino-sódico	>4	>15	<8.5

En un suelo salino se acumulan cationes como sodio (Na⁺), potasio (K⁺), calcio (Ca⁺²) y magnesio (Mg⁺²), así como los aniones cloro (Cl⁻), sulfato (SO₄⁻²), bicarbonato HCO₃⁻) y carbonato (CO₃⁻²). Por otro lado, los suelos sódicos cuentan con altos contenidos de Na, pero no de las demás sales anteriormente enlistadas.

2.4.1.1 Manejo. Los suelos salinos son manejados con lavado, mientras que a los suelos sódicos se les aplican mejoradores a base de calcio (yeso agrícola) o formadores de calcio (azufre, ácido sulfúrico, polisulfuro de calcio o amonio) y posteriormente la aplicación de láminas de riego para eliminar el sulfato de sodio excesivo de la solución de suelo, mejorando las características físicas que se afectaban por la presencia de sodio (Castellanos, 2000). Por otro lado, a los suelos salino-sódicos se les aplican primero mejoradores de suelo, como los enunciados anteriormente, y después se aplican láminas de lavado.

2.4.1.2 Origen. Los procesos que originan la salinidad de los suelos pueden ser los siguientes:

- Meteorización de rocas o materiales parentales.
- Mantos freáticos elevados que no impiden el movimiento vertical del agua.
- Calidad pobre del agua de riego (contenido alto de sales).
- Mal manejo del riego, donde la lámina de drenaje es insuficiente para el lavado de sales.
- Ex vasos de lagos o lagunas sometidos a evaporación por largos períodos.
- Aplicación excesiva de fertilizantes, abonos animales o compostas.

2.4.1.3 Métodos para medir la salinidad. La salinidad del suelo se mide a través de dos métodos: 1) conductividad eléctrica en el extracto de saturación (CEe); 2) conductividad eléctrica en extracto 1:2, es decir, que por cada unidad de suelo se agregan dos de agua. El último método se caracteriza por ser práctico y sencillo. Muchos de los reportes están referidos en CEe. En el cuadro 2 se tiene la equivalencia entre los valores de ambos métodos.

Cuadro 2. Relación entre CEE y conductividad eléctrica en extracto 1:2, para suelos de diversas texturas del centro de México.

Fuente: Agrolab, 1999.

CE en suelo: agua (1:2)	CE _e
<0.15	<0.4
0.15-0.5	0.4-1.2
0.5-1.0	1.2-2.4
1.0-1.5	2.4-3.8
1.5-2.0	3.8-5.5
2.0-2.5	5.5-7.9
>2.5	>7.9

¿Para qué sirve conocer la CE en los suelos?

Determinar la CE es fundamental para tomar las decisiones de manejo del suelo, si es necesario algún mejorador del suelo o no, y para determinar la fracción de lavado que se adicionará. También conocer este parámetro del suelo facilita determinar el cultivo y variedad a establecer de acuerdo a su tolerancia a los niveles de salinidad presentes en el suelo. El sistema de cultivo, ya sea surcos o en melgas, de igual forma se puede determinar al conocer la salinidad del suelo, e incluso el manejo del agua en los sistemas de riego y ubicación de la cinta de riego por goteo, cuando así sea el caso. La importancia del contenido de sales a través del valor de CE, permite tomar la decisión de utilizar el suelo para fines agrícolas o no hacerlo (Cuadro 3), dependiendo del sistema de riego. Parcelas que cuentan con sistemas de fertirrigación ayudan a manejar la salinidad de manera localizada, pues mediante este sistema pueden mover las sales fuera del bulbo de humedad, donde está ubicada la mayor parte del sistema radical de las plantas, logrando un impacto menos negativo sobre el cultivo. El riego por goteo, es entonces aquel que permite una mayor versatilidad para el manejo de las sales del suelo.

Cuadro 3. Clasificación de los suelos en base a su CE_e y el efecto general sobre los cultivos.

Fuente: Castellano, 2000.

CE_e	Condiciones de salinidad y efecto sobre las plantas
<1	Suelo libre de sales. No existe restricción para ningún cultivo.
1-2	Suelo muy bajo en sales. Algunos cultivos muy sensibles pueden ver restringidos sus rendimientos.
2-4	Suelo moderadamente salino. Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en su rendimiento.
4-8	Suelo salino. El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
8-16	Suelo altamente salino. Solo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
>16	Suelo extremadamente salino. Prácticamente ningún cultivo convencional pueda crecer económicamente en estos suelos.

2.4.2 La conductividad eléctrica y su influencia sobre los cultivos

Síntomas y daños por salinidad en los cultivos. La salinidad disminuye el crecimiento de los cultivos al ocasionar una disminución en la disponibilidad de agua, llegando a presentar síntomas similares a los provocados por una sequía, aún cuando se tengan niveles suficientes de humedad en el suelo. Los síntomas varían con los estados fenológicos de los cultivos, los cuales son más severos en las etapas iniciales de crecimiento de los cultivos, sobre todo durante la germinación de semilla. Otros de los síntomas que se aprecian en los cultivos por altas concentraciones de sales son el retraso en el crecimiento y/o la presencia de distintas decoloraciones dependiendo de la especie, principalmente la coloración verde-azulada de la planta. La apariencia azulosa es resultado de una cubierta cerosa con un espesor poco.

Los síntomas varían con los estados fenológicos de los cultivos, los cuales son más severos en las etapas iniciales de crecimiento de los cultivos, sobre todo durante la germinación de semilla. Otros de los síntomas que se aprecian en los cultivos por altas concentraciones de sales son el retraso en el crecimiento y/o la presencia de distintas decoloraciones dependiendo de la especie, principalmente la coloración verde-azulada de la planta. La apariencia azulosa es resultado de una cubierta cerosa con un espesor poco común sobre la hoja y el color verde más intenso debido a una concentración de clorofila por unidad de superficie del follaje. En ocasiones, se generan clorosis en el follaje por el alto contenido de sales, asociado al uso de aguas de riego con alto contenido de bicarbonatos. Algunas especies desarrollan áreas necróticas en la punta, así como en los bordes del follaje al crecer en suelos salinos.

2.4.3 Efecto de la salinidad en el rendimiento potencial del cultivo

Más del 50% de la tierra agrícola irrigada está afectada por problemas de salinidad. Cuando las plantas crecen en condiciones de suelo y aguas salinas, se debe evitar cualquier incremento adicional de salinidad en el entorno de las raíces de manera de evitar problemas de reducción de rendimiento y calidad. La acumulación de sodio, cloruro y sulfatos, incrementarán los niveles de salinidad en el suelo. A pesar, que el lavado de sales mediante el riego, pueden disminuir los problemas de salinidad, se debe considerar que al mismo tiempo se estarán lavando nutrientes deseados con lo que se disminuirá la eficiencia de absorción de nutrientes con el consiguiente incremento en los costos.

La Tabla 1 muestra el efecto de reducción de rendimiento bajo condiciones de suelos y aguas salinas (California Fertilizer Association, 1990). Por ejemplo en pepino, cuando la CE del extracto saturado de suelo se incrementa en una unidad por sobre el nivel umbral de salinidad, se proyecta una disminución de rendimiento de 13,2%. En naranjos regados con agua cuya CE_a es de 3,2 mS/cm, se estima una pérdida de rendimiento de 25%. Uva de mesa creciendo en suelos con CE_e de 2,5 mS/cm puede presentar disminución de rendimiento de 10%.

Tabla1. Disminución de rendimiento causada por suelos salinos y aguas salinas en frutales y hortalizas.

Cultivo	CE _e *	CE _a **	CE _e	CE _a	CE _e	CE _a	CE _e	CE _a
	Nivel umbral de salinidad sin disminución de crecimiento y/o rendimiento		Disminución de rendimiento (%) por unidad CE incrementada		CE (mS/cm) que genera una pérdida de rendimiento de 10%		CE (mS/cm) que genera una pérdida de rendimiento de 25%	
Hortalizas								
Lechuga	1,3	0,9	13,2	20,8	2,1	1,4	3,2	2,1
Melón	2,2	1,5	7,1	10,9	3,6	2,4	5,7	3,8
Papa	1,7	1,1	11,9	17,9	2,5	1,7	3,8	2,5
Pepino	2,5	1,7	13,2	20,8	3,3	2,2	4,4	2,9
Pimiento	1,5	1,0	13,9	20,8	2,5	1,5	3,3	2,2
Tomate	2,5	1,7	10,0	14,7	3,5	2,3	5,0	3,4
Frutales								
Aguacate	1,3	0,9	21,3	33,3	1,8	1,2	2,5	1,7
Banana	0,73	0,5	27,8	41,7	1,1	0,7	1,6	1,1
Fresa	1,0	0,7	31,3	50,0	1,3	0,9	1,8	1,2
Manzano	1,7	1,0	15,9	20,8	2,3	1,6	3,3	2,2
Naranja	1,7	1,1	16,7	21,7	2,3	1,6	3,2	2,2
Uva de Mesa	1,5	1,0	9,6	14,7	2,5	1,7	4,1	2,7

* CE_e = Conductividad eléctrica del extracto saturado de suelo (mS/cm a 25 °C)

** CE_a = Conductividad eléctrica del agua de riego (mS/cm a 25 °C).

2.5 La fertilidad del suelo

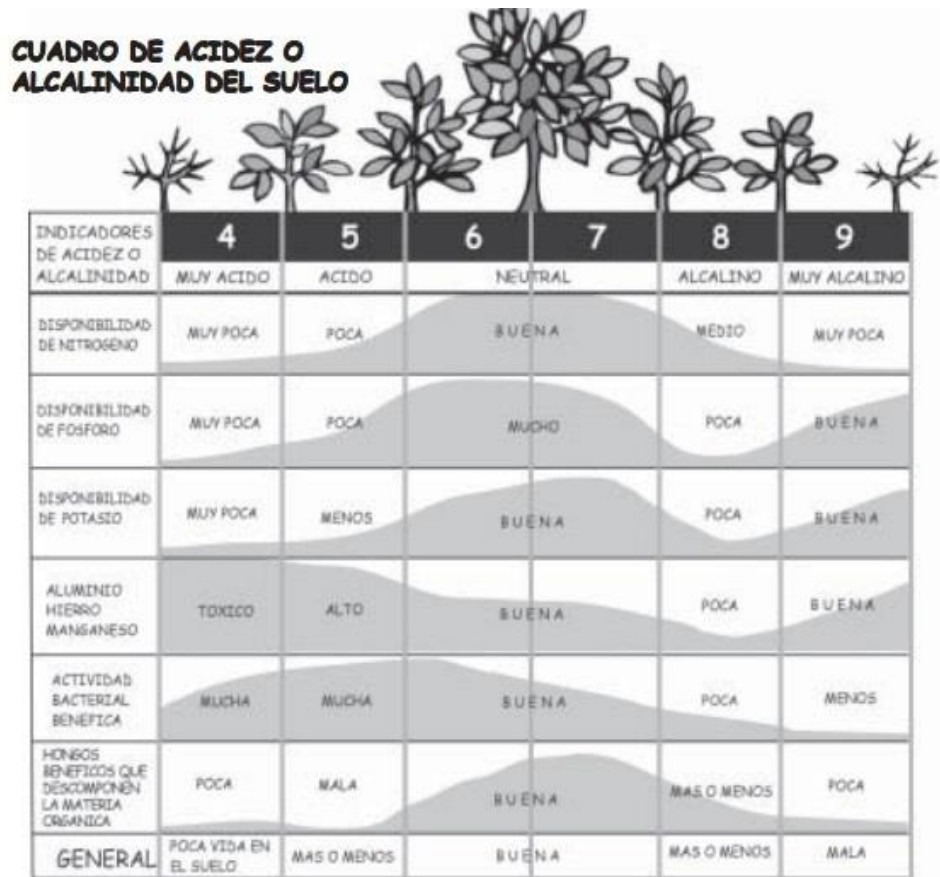


Fig 3 Fuente: cornell.edu, biotech-global.com

Un cuadro presentado por Cornell.edu informa que en general un cultivo cuyo pH del suelo, se encuentra cercano a 6.5 Proporcionará recursos para facilitar la asimilación de nutrientes de la planta facilitando su desarrollo en forma eficiente y económica.

La presencia de suelos ácidos es común de zonas lluviosas que originan lavado del calcio y magnesio y son sustituidos por aluminio y manganeso. En muchos casos los suelos se vuelven ácidos porque la roca de donde se derivan es muy

pobre en minerales. Para ser saludables, los suelos necesitan elementos como: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P), entre otros. Los suelos ácidos están propensos a perder minerales por la lixiviación; entre más nutrientes son lixiviados mayor es la acidez.

La acidez a menudo tiende a ocasionar efectos secundarios, como la concentración de aluminio en la solución del suelo, que puede llegar a niveles de toxicidad para la mayoría de los cultivos. Esta acidez invade la estructura interna de las partículas del suelo y lleva aluminio a la solución del suelo, donde las raíces de las plantas tratan de absorber agua y nutriente.

pH menores a 5.5 indica suelos con altos niveles de aluminio, hierro y manganeso ph 6-7 indica suelos con alto contenido de hongos benéficos que descomponen la materia organica, buena disponibilidad n,p,k,s,ca,mg,zn, buena vida en el suelo

Una vez que el nivel de aluminio alcanza los niveles de tolerancia de las plantas cultivadas, éstas reducen drásticamente su producción.

Existe un moderno producto que ayuda a solucionar el problema de acidez del suelo y mejorar la tolerancia del cultivo a las condiciones adversas del medio ambiente se ha probado con éxito en diferentes cultivos se llama VIOSIL

2.5.1 Factores que afectan la fertilidad del suelo

Hay varios factores que actúan sobre la fertilidad del suelo.

Composición mineral- Conociendo de la composición mineral del suelo, podemos predecir su capacidad de retener nutrientes para las plantas. Esto es determinado por la roca madre, clima, biología y procesos químicos.

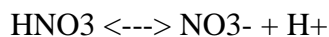
Cuando se habla de los nutrientes minerales del suelo, existe una gran diferencia entre la cantidad total de nutrientes en el suelo y su disponibilidad para las plantas. De hecho, sólo una pequeña fracción de los minerales que componen el suelo estará disponible para las plantas.

El pH del suelo -Es importante para mantener la fertilidad adecuada del suelo. Afecta la disponibilidad de los nutrientes del suelo. Un rango de pH de 5.5-7 es óptimo para la mayoría de las plantas.

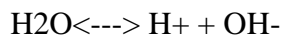
2.6 Concepto de pH

La mayoría de la gente sabe que el pH es un valor variable entre 0 y 14 que indica la acidez o la alcalinidad de una solución. Y, además, conoce que el mantenimiento del pH apropiado en el flujo del riego ayuda a prevenir reacciones químicas de fertilizantes en las líneas, que un valor de pH elevado puede causar obstrucciones en los diferentes componentes de un sistema de fertirrigación debidas a la formación de precipitados, que un adecuado pH asegura una mejor asimilabilidad de los diferentes nutrientes, especialmente fósforo y micronutrientes, etc.

Simplificadamente, podemos afirmar que las sustancias capaces de liberar iones hidrógeno (H^+) son ácidas y las capaces de ceder grupos hidroxilo (OH^-) son básicas o alcalinas. De este modo, el ácido nítrico, al adicionarlo al agua se ioniza aportando iones hidrógeno o protones a la solución.



El agua puede comportarse como un ácido o como una base:



Las letras pH son una abreviación de "*pondus hydrogenii*", traducido como potencial de hidrógeno, y fueron propuestas por Sorensen en 1909, que las introdujo para referirse a concentraciones muy pequeñas de iones hidrógeno. Sorensen, por tanto, fue el creador del concepto de pH, que se define como el logaritmo cambiado de signo de la actividad de los iones hidrógeno en una solución:

$$\text{pH} = -\log |\text{H}^+|$$

2.6.1 Importancia del pH para los cultivos.

El pH de la solución nutriente en contacto con las raíces puede afectar el crecimiento vegetal de dos formas principalmente:

- el pH puede afectar la disponibilidad de los nutrientes: para que el aparato radical pueda absorber los distintos nutrientes, éstos obviamente deben estar disueltos. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes con lo que permanecen en forma no disponible para las plantas.

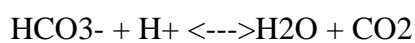
- el pH puede afectar al proceso fisiológico de absorción de los nutrientes por parte de las raíces: todas las especies vegetales presentan unos rangos característicos de pH en los que su absorción es idónea. Fuera de este rango la absorción radicular se ve dificultada y si la desviación en los valores de pH es extrema, puede verse deteriorado el sistema radical o presentarse toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos (aluminio).

En las condiciones agroclimáticas del Sureste español, con pH de suelos y aguas de riego cercanos o superiores a 7.5, se ve afectada la correcta asimilabilidad de nutrientes como fósforo, hierro y manganeso; de hecho, la clorosis férrica es

considerada fisiopatía endémica de la zona. El ajuste del pH a valores adecuados en el entorno de influencia de la raíz, es, con frecuencia, suficiente para corregir estos estados carenciales de fósforo, hierro y manganeso.

2.6.2 pH del agua de riego.

La inmensa mayoría de las aguas de riego que manejamos muestran un pH superior al óptimo. Como ya se ha explicado en artículos anteriores (Horticultura nº 129 y 130), la cantidad de ácido a aportar para llevar el pH al rango antes mencionado depende principalmente de la concentración del ión bicarbonato presente en el agua de riego, ya que reacciona con el mismo según:



De esta forma, el ión bicarbonato actúa de tampón amortiguando los cambios de pH del agua de riego, y cuando su concentración es elevada, se precisa mayor cantidad de ácido para su neutralización y ajuste del pH al valor deseado.

El empleo de una solución ácida (pH 3-4) pasando lentamente durante una noche por las líneas de riego, se puede emplear para limpiar las incrustaciones y precipitados formados y devolver así las redes de riego a su funcionamiento habitual, resolviendo los problemas de pérdidas de uniformidad y obstrucciones provocados por el elevado pH del agua de riego.

El factor pH puede ser muy importante no sólo para el proceso exclusivo de fertirrigación, así también puede jugar un importante papel en el uso de plaguicidas a través del riego (quimigación). Aguas de naturaleza alcalina pueden romper las moléculas de ciertos plaguicidas reduciendo su actividad química, mediante un proceso denominado hidrólisis alcalina, sobre todo si los productos permanecen en tanques de mezcla durante un tiempo prolongado y si la temperatura ambiental es elevada.

2.6.3 pH en el suelo.

El valor de pH de los suelos puede variar ampliamente; valores normales son 5-7 para zonas húmedas y 7-8.5 para zonas áridas. Niveles extremos en el pH de un suelo deben ser corregidos. En la figura 1 se muestra la disponibilidad de los distintos nutrientes según el pH del suelo de cultivo. A menudo se aplica este diagrama a sistemas hidropónicos y a la dinámica de comportamiento de las soluciones de fertirrigación, esto no es correcto, ya que esta figura está basada en las reacciones de los nutrientes en el suelo, donde su disponibilidad depende de múltiples factores tales como mineralogía del suelo, solubilidad de los minerales componentes, reacciones de intercambio iónico, nutrientes ligados a arcillas y materia orgánica, etc.

Las distintas especies de cultivo muestran distinta adaptabilidad para su desarrollo en función del pH del terreno, existen especies más acidófilas que otras y cada una presenta un rango de pH del suelo ideal para su crecimiento. En la tabla 1 se muestran los valores óptimos para los cultivos más ampliamente difundidos, conviene tener en cuenta que estos valores son meramente aclaratorios, y que la mayoría de las especies presentan una notable adaptabilidad a un amplio rango de pH, siendo este factor mucho más crítico respecto a la influencia que ejerce sobre la dinámica de los nutrientes que han de ser absorbidos por las plantas.

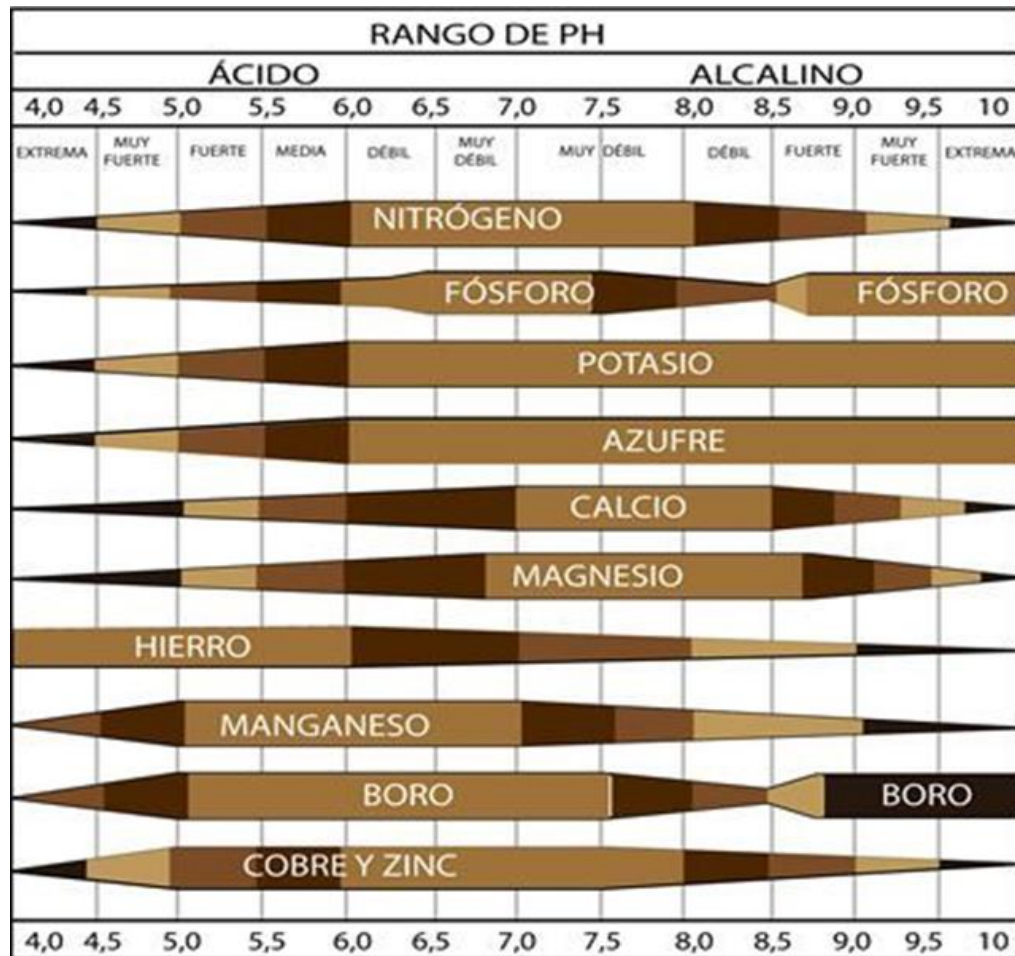
En cualquier caso, el crecimiento y el funcionamiento radicular pueden ser directamente afectados a pH 5 e inferiores, dependiendo de la especie considerada. Los efectos dañinos pueden ser compensados mediante el aporte de calcio adicional a pH 4-5, pero no a pH 3. Entre pH 5 y 8, el crecimiento suele ser satisfactorio, pero a pH 9, pueden darse efectos directos del OH⁻ o HCO₃⁻, sobre la absorción de fósforo, hierro, molibdeno y otros.

2.7 Comportamiento de los nutrientes en función del pH

2.7.1 Deficiencias minerales de las plantas en función del pH del suelo

El pH es un elemento que condiciona enormemente un suelo. En función de él tendremos que elegir las plantas que podemos cultivar ya que, aunque podamos corregir los niveles de acidez o alcalinidad de un suelo aportando correcciones, a largo plazo la propia **capacidad tampón del suelo** volverá a sus niveles iniciales de pH.

Fig. 4 Influencia del pH en la asimilación de nutrientes



Fuente: hidroenv.com la importancia de regular y monitorear el pH

2.7.2 La corrección del pH del suelo

Se puede corregir el pH del suelo tal y como lo **expusimos en este artículo**, pero más importante es ver por qué el suelo tiene dichos niveles. Si es porque se encuentra en una zona boscosa y húmeda con alto porcentaje de materia orgánica (suelo ácido) o bien porque efectuamos un riego salino en nuestra parcela de tierra (suelo básico). Por mucho que hagamos correcciones, si no conocemos todos los cambios que suceden en él y que alteren sus propiedades (es decir, conocer el origen de dichas alteraciones), no nos servirá de nada realizar enmiendas correctoras y supondrá un gran gasto económico por nuestra parte.

2.7.3 Posibles deficiencias según el pH

El objetivo de este artículo era esto. Conocer de primera mano qué alteraciones pueden surgir cuando cultivamos en un suelo con un determinado pH. No quiere decir que siempre aparezcan las mismas carencias minerales ya que para ello necesitamos un **análisis exhaustivo del suelo**, pero si nos servirá para ayudarnos a elegir las plantas que podemos cultivar en nuestro jardín.

Nitrógeno

No tendremos ningún problema de disponibilidad de nitrógeno para nuestras plantas siempre que el pH del suelo se encuentre entre 5,5 y 8.

Potasio

Si el **pH del suelo es normal** (cercano a 7), no existirá ningún problema de asimilación de potasio. Pero si:

pH > 8: se produce un antagonismo con el calcio.



Fig. 6 Deficiencia de potasio

Fósforo

Tenemos varios comportamientos:

- **Si pH < 6,5:** precipita con hierro y aluminio.
- **Si pH > 7,5:** precipitará con el calcio.
- **Si pH >8,5:** se solubiliza con sodio.

Calcio

El calcio es el elemento por excelencia en un **suelo básico** o alcalino. Una planta cultivada en un suelo ácido es susceptible de tener problemas de carencia de calcio. Todo dependerá de los niveles necesarios para su desarrollo.

Boro

Cuando el suelo tiende a pH alcalino, se presentan deficiencias de boro.

Molibdeno

Si el pH de un suelo es ácido, las plantas cultivadas en él son susceptibles de presentar **carencias de molibdeno**.

Hierro, magnesio, cobre, cinc y aluminio

Todos estos elementos aumentan en solubilidad y disponibilidad para las plantas cuando el suelo es ácido. A medida que el **pH disminuye**, aumenta su movilidad. Por lo tanto, un suelo básico o alcalino es susceptible de presentar déficit en hierro, magnesio, cobre, cinc o aluminio. Recordemos por ejemplo, la **clorosis férrica** (la más famosa de las carencias) por falta de hierro y su corrección con dichos quelatos.



Fig. 7 Clorosis férrica en olivo

Lo dicho. No por tener un suelo alcalino vamos a tener con total solubilidad carencias de los elementos que tienen poca movilidad en pH alcalino. Todo dependerá de la sensibilidad del cultivo y el poder de adaptación de dichas especies. Para haceros una idea, aquí tenéis una tabla donde se recoge el pH en el que se debería mover los principales cultivos en el huerto, extraída del artículo del **pH de las plantas**.

Tabla 2 Rangos de pH óptimo para distintos cultivos

Hortícolas	pH óptimo	Frutales	pH óptimo	Extensivos	pH óptimo
Acelga	6.0-7.5	Albaricoque	6.0-6.8	Alfalfa	6.5-7.8
Apio	6.1-7.4	Almendro	6.0-6.8	Algodón	5.0-6.2
Berenjena	5.4-6.0	Avellano	6.0-7.0	Alpiste	6.0-7.0
Boniato	5.1-6.0	Café	5.0-7.0	Altramuz	5.0-7.0
Brócoli	6.0-7.2	Castaño	5.0-6.5	Arroz	5.0-6.5
Calabaza	5.6-6.8	Encina	4.8-6.0	Avena	5.2-7.1
Cebolla	6.0-7.2	Grosellero	6.0-7.0	Batatas	5.3-6.5
Col	6.0-7.5	Limonero	6.0-7.5	Cacahuete	5.3-6.5
Col de Bruselas	5.7-7.2	Manzano	5.3-6.7	Caña de azúcar	6.0-7.8
Coliflor	6.0-7.2	Melocotonero	5.3-6.8	Cáñamo	6.2-7.2
Escarola	5.6-6.8	Membrillero	5.5-7.2	Cebada	6.4-7.8
Espárrago	6.3-7.5	Naranja	6.0-7.5	Centeno	5.3-6.8
Espinaca	6.3-7.1	Nogal	6.2-7.8	Colza	5.8-7.1
Fresa	5.0-6.2	Olivo	6.0-7.8	Dáctilo	5.6-7.2
Guisantes	5.9-7.3	Peral	5.6-7.2	Girasol	6.0-7.2
Judías	5.8-6.8	Pino	5.0-6.0	Habas	7.4-8.1
Lechugas	5.8-7.2	Platanera	6.0-7.5	Lenteja	5.0-7.0
Maíz dulce	5.6-6.8	Pomelo	6.0-7.5	Lino	5.5-7.5
Melón	5.7-7.2	Vid	5.3-6.7	Maíz	5.5-7.5
Nabo	5.7-6.7			Mijo	5.1-6.8
Pepino	5.7-7.2			Mostaza	6.0-8.0
Pimiento	6.3-7.8			Patatas	5.0-5.8
Rábano	6.1-7.4			Soja	6.1-7.2
Remolacha	6.0-7.6			Sorgo	5.8-7.5
Tomate	5.8-7.2			Tabaco	5.5-7.3
Zanahoria	5.7-7.0			Trébol blanco	5.5-7.0
				Trébol rojo	5.5-7.0
				Trébol híbrido	5.2-7.8
				Trébol violeta	6.0-7.5
				Trigo	5.5-7.2
				Veza	5.5-7.5

Fuente: Quiminet 2006. Composición química del suelos

Cuando un suelo puede presentar problemas

Un suelo ácido o excesivamente ácido presenta una menor actividad de microorganismos y un menor desarrollo radicular. La asimilación del hierro mejora como hemos comentado antes pero no lo hace por igual la del fósforo o el nitrógeno (elementos muy importantes en cualquier cultivo). Sin embargo, para que realmente pensemos que vamos a tener problemas por pH ácido es **a partir de 5,5**.

Menos movimiento tenemos con un **pH alcalino**. A partir de 7,5 ya podemos empezar a tener problemas por exceso de insolubilización de hierro. Muchas plantas de nuestro jardín manifiestan problemas por falta de hierro, su detección por parte nuestra es muy fácil y la respuesta a aplicaciones de quelatos muy rápida.

Un pH de 9 presenta, a parte de una mínima movilidad del hierro, una alta presencia de carbonato sódico, con los consiguientes problemas físicos y químicos del suelo, haciéndolo muy difícil de cultivar.

2.8 Aprovechamiento de suelos sódicos

Existen varias opciones para aprovechar y optimizar el rendimiento en suelos sódicos:

Cambiar el tipo de cultivo: Cultivar plantas más tolerantes a la utilización de las enmiendas del suelo.

Mejoramiento de la estructura de los suelos sódicos: Sustituir el Sodio intercambiable por iones de Calcio.

El enfoque convencional es incorporar enmiendas de suelo eficaces, que directa o indirectamente faciliten la sustitución del Sodio intercambiable del suelo.

2.9 Tolerancia de los cultivos a la Salinidad

Se define la tolerancia a la salinidad como la capacidad que tiene el cultivo para soportar la salinidad del suelo sin experimentar efectos perjudiciales en su desarrollo y/o producción. Las plantas desarrollan diversas estrategias para ser más tolerantes a la salinidad. Por ejemplo, restringiendo la extracción de sales y ajustando la presión osmótica a través de la síntesis de sales compatibles como la prolina, la glicina-betaína, y otros azúcares (Greenway y Munns 1980). Otra estrategia seguida por las plantas es la acumulación de la sales en las vacuolas celulares, controlando de esta forma la concentración de sales en el citosol y manteniendo en las células una relación K^+/Na^+ alta (Glenn 1999).

En general la tolerancia de los cultivos a la salinidad se puede evaluar siguiendo tres criterios:

- La capacidad del cultivo para sobrevivir en suelo salino.
- La producción del cultivo en suelo salino.
- El rendimiento relativo del cultivo en suelo salino en comparación con la producción, bajo las mismas condiciones de manejo, pero en condiciones de no salinidad.

Aunque el criterio más agronómico es el segundo, por razones de sencillez de aplicación se utiliza el tercero. Por lo tanto, la tolerancia se evalúa calculando el rendimiento relativo. Este rendimiento se estima como la producción del cultivo obtenida en condiciones de salinidad dividida por la producción obtenida en ausencia salinidad. En la práctica se constata que el rendimiento relativo de los cultivos se mantiene aproximadamente constante a medida que aumenta la salinidad del suelo

hasta llegar a una determinada salinidad, a partir de la cual el rendimiento relativo desciende de modo aproximadamente lineal con la salinidad según se observa en el siguiente gráfico. Existe una clasificación de la tolerancia de los cultivos en función del valor umbral de CE_{es} (Conductividad Eléctrica medida en el extracto de saturación) a partir del cual comienza a reducirse la producción significativamente y también del grado reducción de la producción en función del aumento de la salinidad en el suelo.

La tolerancia de los cultivos leñosos a la salinidad (frutales y viñedo) depende, en gran medida al portainjertos sobre el cual se injerta la variedad. Esta tolerancia está íntimamente ligada a la propia capacidad del portainjertos para regular la absorción del sodio y del cloruro (Maas y Hoffman 1977). Por ello, una forma efectiva de reducir el efecto de la salinidad en los cultivos leñosos es utilizar patrones tolerantes que reduzcan el efecto de la salinidad en la variedad injertada.

2.10 Corrección de un suelo alcalino (pH básico)

Se dice que un suelo es alcalino o básico cuando su **pH es superior a 7,5**. Las causas pueden ser varias: por ser suelos de zonas áridas con escasa pluviometría, por transportar las aguas sustancias alcalinas que se concentran en las zonas más deprimidas del terreno, o bien por la propia naturaleza del suelo (material parental).

El principal inconveniente de estos suelos es que presentan un **alto contenido en carbonato cálcico**, el cual va a impedir que la planta pueda absorber buena parte de los nutrientes del suelo. En consecuencia, si tenemos un suelo básico, por mucho fósforo que este tenga de forma natural, o por mucho hierro (sulfato de hierro) que apliquemos, la planta presentará carencias de fosforo y de hierro, puesto que estos elementos a pesar de estar en el suelo, se encuentran retenidos por el calcio, formando un compuesto insoluble que la planta no puede asimilar.

De ahí que en los campos de naranjos de la Comunidad Valenciana, donde los suelos con pH 8 y superiores, son la mayoría, se empleen quelatos de hierro, forma química en la que este elemento no puede ser bloqueado por el calcio y es asimilado por la planta. Remarcar que se emplea para aplicar hierro, no para acidificar o bajar el pH.

Así como elevar el pH en un suelo ácido (zonas húmedas del norte de España), es una tarea relativamente simple y duradera mediante el empleo de enmiendas calizas, **disminuir el pH es una labor costosa**, que se debe realizar de forma continuada para obtener resultados aceptables.

Bajando el pH vamos a conseguir que muchos de los elementos que hay en el suelo estén asimilables para la planta, de manera que el coste económico de las enmiendas se recupera con el ahorro en fertilizantes y el aumento de la producción.

Las principales alternativas para bajar el pH son las siguientes:



Azufre elemental: ampliamente empleado en agricultura, aunque con efectos a largo plazo. En el suelo, el azufre se oxida lentamente a ácido sulfúrico, que neutraliza a los elementos alcalinos.

Para disminuir una unidad de pH se necesita alrededor de 1 Kg de azufre por metro cuadrado. La disminución del pH debe realizarse de forma escalonada, no bajando más de 0,5 a 1 unidad de pH por aplicación.



Sulfato de hierro: como el anterior, aporta azufre, pero en forma de sulfato. Es un acidificante a corto plazo y adicionalmente aporta una pequeña cantidad de hierro asimilable.

En pre-plantación se aplicará como abonado de fondo, en forma granulada (foto inferior), directamente sobre el terreno. Durante el cultivo se debe aplicar junto con el riego, a intervalos regulares y con una frecuencia que dependerá de las unidades de pH que queramos bajar. Para riego por goteo se emplea en escamas (foto superior), que permite una mejor disolución en el tanque. En riego por inundación se aplica sobre el terreno en gránulos y después se riega.

La dosis para bajar 1 unidad de pH es de 4 gramos por litro de agua, aunque depende de factores como la textura del suelo.



Ácidos aplicados al agua de riego. Son los ácidos fosfórico, nítrico y cítrico. Los dos primeros se emplean en agricultura para bajar pH, como fertilizantes, y para prevenir obturaciones en riego localizado, mientras que el ácido cítrico es más empleado por aficionados a la jardinería, al ser menos peligroso.



Fertilizantes nitrogenados de reacción ácida: nitrosulfato amónico, nitrato amónico, fosfato monoamónico o urea. Su empleo es como fertilizante, aunque como efecto secundario acidifican el suelo al contener azufre. Aplicar estas sustancias en exceso puede causar fitotoxicidad a la planta y contaminar el subsuelo, por lo que no se emplean específicamente para bajar el pH, sino como parte de la fertilización.



Materia orgánica: la descomposición de la materia orgánica tiene una reacción ácida. Los restos orgánicos como turba, estiércol, mantillo, acículas de pino, ácidos húmicos y fúlvicos, son acidificantes. La turba rubia por ejemplo, tiene pH 3,5. Cualquiera de ellos se emplea en jardinería, aplicados al hoyo de plantación, mezclados con el suelo en parterres, etc., aunque para plantaciones agrícolas se emplea estiércol, por disponibilidad y por precio.

Se aplica como abonado de fondo; en herbáceos un mes antes de la plantación y en árboles, en pleno invierno, antes de la entrada en vegetación. Su empleo fundamental es como abono, al ser el una pieza clave de la fertilización, ya que hace que el suelo retenga más agua y fertilizantes, además de mejorar su estructura. Se aplican 10000-30000 kg/Ha en función del cultivo y del suelo.

En cualquier caso **la evolución del pH debe controlarse mensualmente mediante un medidor de acidez y análisis de suelo anuales.**

Es importante **no emplear fertilizantes de reacción alcalina** o que contengan calcio, sodio, etc., (sulfato cálcico, sulfato sódico, fosfato bicálcico, nitrato cálcico) ya que van a contrarestar la bajada de pH que perseguimos.

Lavado de sales de suelo

Al identificar un problema de salinidad durante la temporada de cultivo, se recomienda lavar el suelo, incluso si significa arriesgar algún daño al cultivo, antes que permitir el empeoramiento adicional de la cosecha debido a la salinidad.

El lavado el suelo debe ser cuidadosamente planificado, según las condiciones del cultivo. En suelos arenosos que desagua fácilmente, el impacto del lavado en la cosecha es generalmente insignificante.

En los suelos pesados, los problemas de infiltración de agua y de drenaje pueden ser encontrados, y pueden tener como resultado el exceso de agua y la falta de aire para las raíces. Lavar los suelos pesados es un proceso prolongado y su resultado final es difícil de anticipar.

Por lo tanto, el cuidado adicional debe ser tomado cuando se cultiva en los suelos pesados, en cuanto se llegue a la acumulación de salinidad, o por lo menos identificar el problema al tiempo, cuando los niveles de sales son todavía relativamente fáciles de lavar.

Si todo lo demás falla y el lavado es el curso de acción elegido, en suelos más pesados, no se debe aplicar la agua que la cantidad máxima absorbida por el suelo y los intervalos más largos posibles debe ser mantenidos.

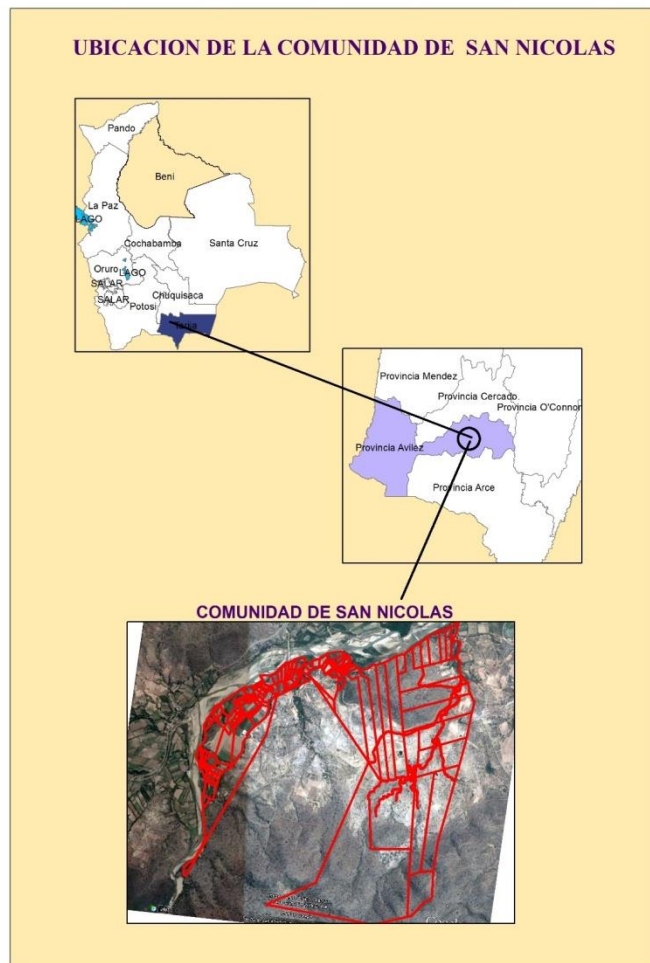
Mientras tanto, la fertilización debe ser basada sólo en el nitrógeno y sólo la cantidad mínima debe ser aplicada.

El agua utilizada para el lavado debe ser de la mejor calidad posible, porque el propósito del proceso de lavado del suelo es de reducir la salinidad del suelo a los niveles del agua de riego.

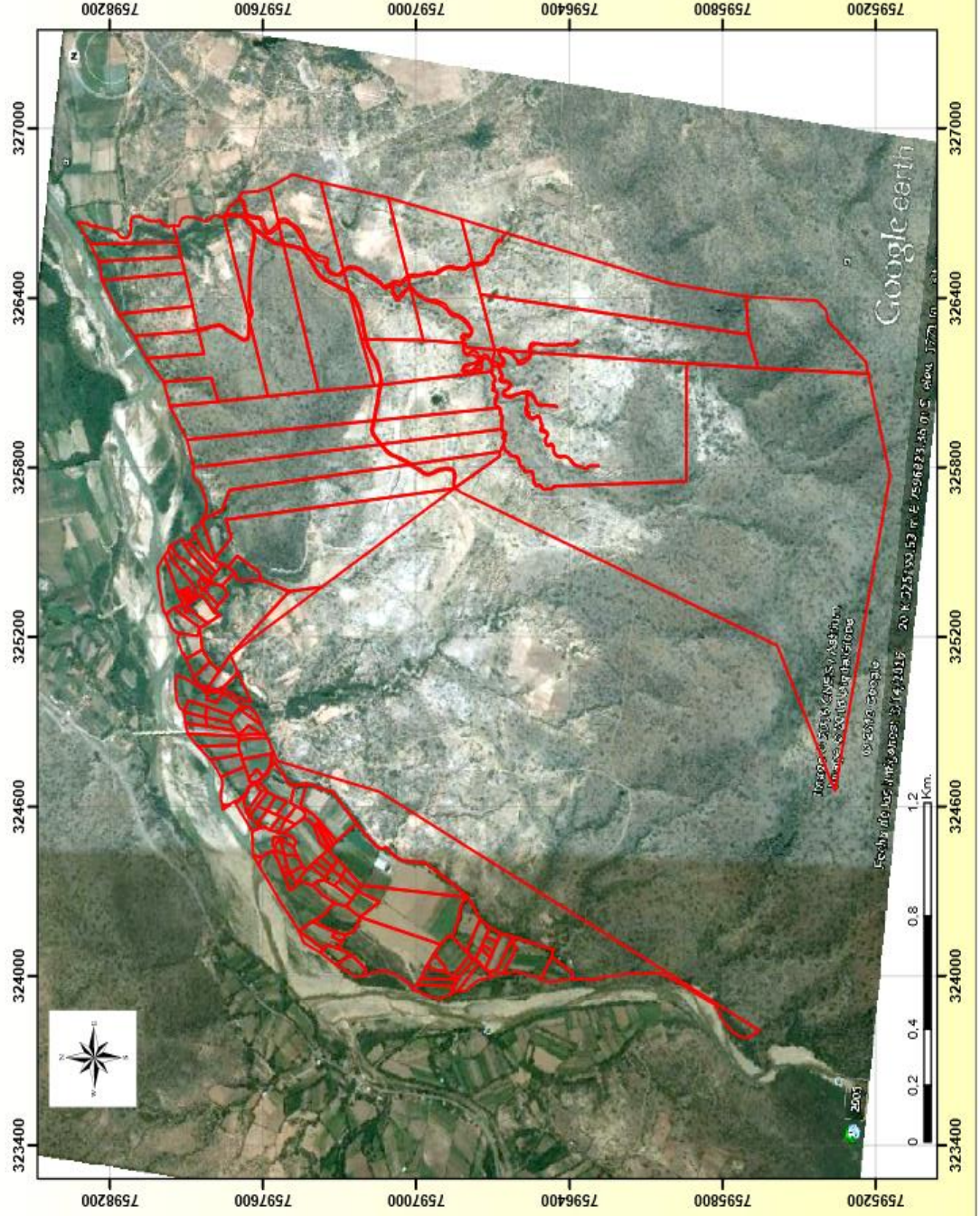
3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

El presente estudio fue realizado en la comunidad de San Nicolás ubicado en el municipio de Uriondo, provincia Avilés, Departamento de Tarija. Que limita al norte con la comunidad de La Compañía, al este con la comunidad de Colon Norte, al Sur con La comunidad de Almendros, y al oeste con la comunidad de Saladillos Geográficamente se encuentra situada en los paralelos $21^{\circ} 38'00''$ y longitud oeste $64^{\circ}35'00''$ a una altura de 1800 msnm.



MAPA - COMUNIDAD SAN NICOLAS



3.2 Características Generales

Clima

La zona se caracteriza por un clima templado semiárido con temperaturas bajas. Esto corresponde a los valles de la Cordillera Oriental (Valle Central de Tarija, Valle de la Concepción, Padcaya, San Lorenzo), con temperaturas medias anuales entre 13 y 18°C (ZONISIG, 2000).

Tiene una temperatura media anual de 18.7°C, y una precipitación promedio anual de 650mm, una humedad relativa del 71%, la temperatura máxima extrema se registró en el mes de septiembre de 1993 con 37.0°C, la mínima extrema en julio de 1993 con -7.0°C (SENAMHI, 2015).

Geología

Según la carta geológica de Bolivia Hoja 6628Padcaya (GEOBOL- SAG, 1991). La comunidad de San Nicolás comprende al Sistema del cuaternario, representado por la cuenca de Camacho, por los siguientes depósitos.

- a) **Depósitos aluviales (Qa).**- Formado por materiales suelos principalmente cantos, gravas y arenas que un plano inundable o lecho del rio Camacho.
- b) **Depósitos Fluviales (Qef).**- Formados por arenas, limos, arcillas y gravas depositados por la dinámica fluvial de rio Camacho y quebrada afluentes a dicho rio

- c) **Depósitos fluvio- lacustres (Qff).**- comprende la zona colinosa o inclinada de la comunidad, que forma parte de la antigua llanura fluvio-lacustre, originada por un proceso de sedimentación en un ambiente de lago

Fisiografía

Desde el un punto de vista del paisaje fisiográfico, el área de estudio está conformada por paisajes de serranías bajas que circundan la zona del valle; por su parte, la zona de valle es la más importante del área de estudio y comprende: llanura fluviolacustre conformada por terrazas planas e inclinadas: llanura aluvial del río Camacho conformada por terrazas altas y bajas.

29

Suelos

Considerando que el suelo está relacionado directamente con el paisaje fisiográfico, los que caracterizan al área de estudio, escarpados a muy escarpados, con muchos afloramientos rocosos están muy afectados por procesos de erosión laminar y superficiales en las serranías bajas.

En general, los suelos del área de estudio son medianamente profundos con texturas francas, francas arcillosas y francas arenosas en las terrazas bajas de las llanuras aluviales.

Vegetación Natural

La vegetación natural de la zona corresponde a la zona de vida Bosque seco templado (Holdridge, año citado por Bass Werner, 2002).

En la actualidad la vegetación nativa, corresponde una vegetación secundaria compuesta por: matorrales xerofíticos secundarios, las especies características son churqui (*Acacia caven*), tusca (*Acacia aramo*); algunas especies arbóreas residuales del bosque original distribuidas de manera dispersa en los linderos de la propiedad como el algarrobo blanco (*Prosopis alba*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*), chañar (*Geoffroedecorticans*), sauce criollo (*Salix humboldtiana*) y molle (*Schinus molle*). En áreas afectadas por erosión severa, se presentan matorrales dispersos formados por taquillo (*Prosopis alpataco*) y algunos cardones o cactáceas (ZONISIG, 2000).

Entre las especies introducidas (llámese exóticas) en la región se tiene: Eucalipto (*Eucaliptus sp*), alamo (*Papulus alba* y *P. nigra*), Suce llorón (*Salix babilónica*), Ciprés (*Cupresus macrocarpa*), Cina cina (*Parkinsonia aculeata*).

Uso actual de tierras

El uso actual de la tierra en la comunidad de San Nicolás tiene características de uso intensivo y mixto, es decir por un lado, se siembra cultivos anuales a riego como maíz, papa, cebolla, ají, tomate y otras hortalizas en menor cantidad, también se tiene cultivos perennes a riego con vid, durazneros, y algunos cítricos.

Por otro lado, también se dedican a la crianza de bovinos, caprinos, y otros animales, de forma extensiva, ya que en la zona presenta laderas y colinas donde se cría dichos animales.

Uso de fertilizantes: en la gran mayoría de las familias el uso de fertilizantes que más usan son los químicos, dejando así en un segundo plano a los fertilizantes orgánicos.

Prácticas de riego: la zona de estudio esta dividida en dos: predios bajo riego que cuenta con un canal de riego revestido, el cual abastece con agua en su totalidad. Aplicando el tipo de riego por surcos y con agua corrida. y predios a cecano que estos se encuentran mas alto del canal de riego y pues son aprovechados en tiempo de lluvia para cultivar por esta razón con menos utilizados.

Calidad de agua de riego: Muestras tomadas de canal de riego de San Nicolás que su red principal es el río Camacho

Agua de riego	pH	CE
MUESTRA 1 rio	7.63	162.5μS/cm
MUESTRA 2 boca de canal	7.74	175.2μS/cm
MUESTRA 3 medio canal	8.62	199.8μS/cm
MUESTRA 4 final de canal de riego	8.61	184.5μS/cm

- Cabe notar que las muestras 1 y 2 se tomaron cuando el agua de riego estaba relativamente clara.
- La 3 y 4 se tomaron cuando el agua de riego estaban relativamente turbias
- Las muestras fueron tomadas el mes de noviembre

Aspectos socioeconómicos

El movimiento económico se basa mayormente en la actividad agrícola y muy poca en la ganadera.

Con respecto a la actividad agrícola el cultivo con mayor importancia económica es la papa, ya que este cultivo es el que se produce en mayor extensión dentro de ambas comunidades; luego está el tomate, el maíz y en menor proporción la cebolla, arveja, haba y otras hortalizas.

La comunidad de San Nicolás cuenta con un pequeño núcleo escolar a nivel primario, por lo que los estudiantes deben concluir sus estudios en colegios tanto de Chocloca o bien en el Valle de la Concepción.

Esta comunidad no cuenta con un centro de salud por lo cual las personas deben asistir a comunidades cercanas que pueden ser Chocloca o el Valle de la Concepción y también hasta la ciudad de Tarija para recibir asistencia médica.

Accesibilidad

El acceso a la comunidad de San Nicolás es únicamente de manera terrestre, quedando descartadas las vías fluviales y aéreas hacia la zona. La principal ruta de acceso hacia la zona es la carretera Tarija-Chaguaya la cual se encuentra totalmente pavimentada haciendo fácil el acceso a la zona. Para ingresar a dicha comunidad cuenta con un puente vehicular de doble vía, al interior de la comunidad los caminos son de tierra que comunican las diferentes áreas de la zona.

3.3 Materiales

Materiales De Campo

- Bolsas para la recolección de muestras
- Bolsas pequeñas para la toma de muestras
- Bolígrafo
- Lápiz
- Pala
- Mapa del zona de estudio
- Tablero
- Cámara fotográfica

Materiales De Laboratorio

- Balanza (precisión 0,1 gr)
- Tamiz 0.2 mm
- Triturador para moler la muestra
- Vasos de plástico
- Bureta 50 ml
- Pipeta 10 ml
- varilla de vidrio
- Piceta con agua destilada
- Medidor de pH digital marca (OAKTON)
- Conductímetro marca(THERMO SCIENTIFIC)
- Soluciones standart, para calibrar pHmetro y conductivimetro
- Tablas de interpretación del pH y CE

3.4 Metodología

La metodología aplicada en el presente trabajo para alcanzar los objetivos propuestos esta basada en la clasificación del USDA para el Ph y para la conductividad eléctrica se clasificara según el diagrama de scholler.

CUADRO 4 Clasificación de suelos según el valor del Ph

Clasificación de los suelos según el valor del pH (U.S.D.A.)

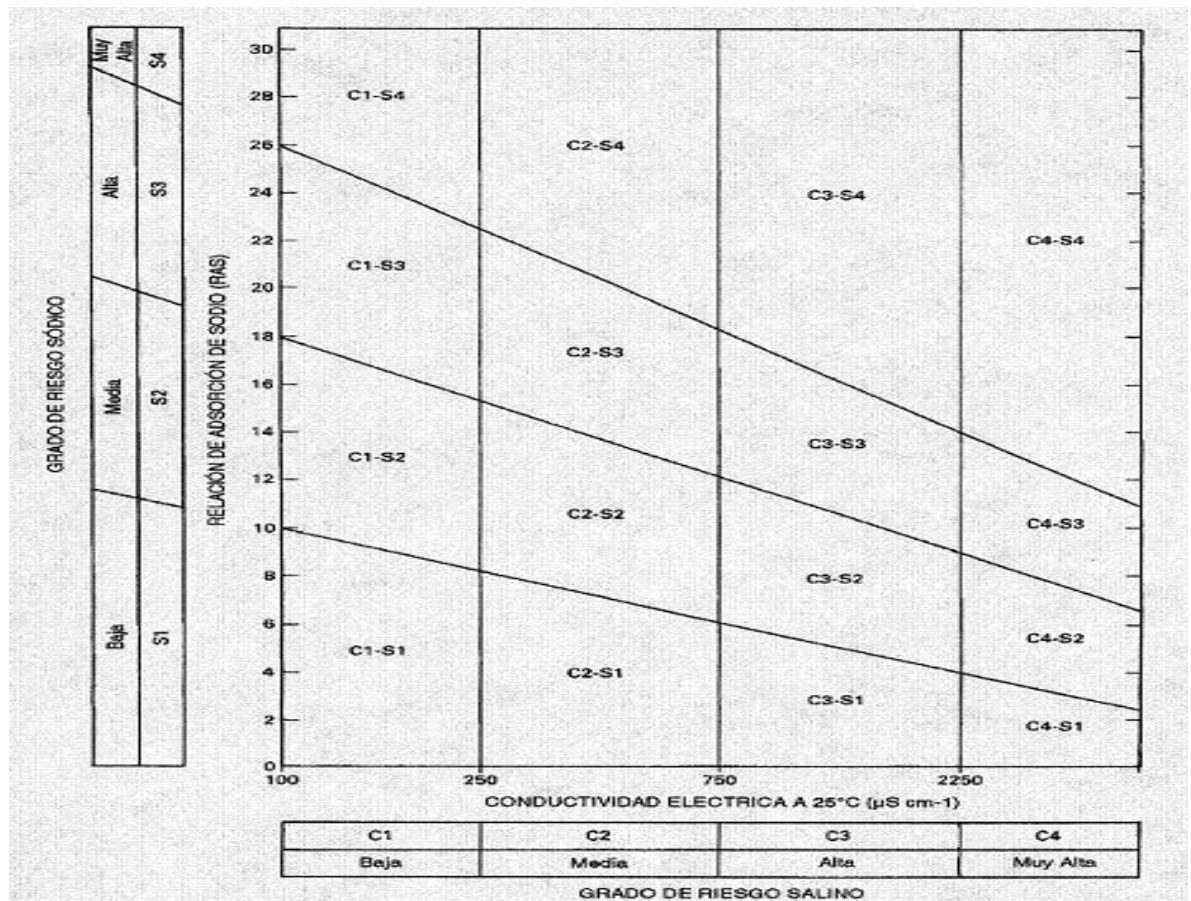
- El valor de pH varía entre 0 y 14
- En la mayoría de los suelos el valor de pH está comprendido entre 4,5 y 10

< 4,5	extremadamente ácido
4,5 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6	Medianamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Medianamente básico
7,9 – 8,4	Básico
8,5 – 9	Ligeramente alcalino
9,1 – 10	Alcalino
> 10	Fuertemente alcalino

Fuente: fértil 2009 propiedades del suelo

Para la clasificación de la conductividad eléctrica se utilizara el diagrama de scholler el cual combina la información de la conductividad eléctrica del agua con la del peligro de alcalinización. En este caso se clasificara la conductividad eléctrica según el grado de riesgo salino.

CUADRO 5 DIAGRAMA DE SCHOLLER



Conductividad eléctrica		Contenido en sales disueltas
CE µS/cm	Riesgo	mg/l ó ppm
0-250	Bajo	160
250-750	Medio	160 - 480
750-2250	Alto	480 - 1440
más de 2250	Muy alto	mayor de 1440

FUENTE: Departamento Agronómico. Gat Fertilíquidos.

Una vez concluido el trabajo, podremos nosotros tener el dato del pH y la conductividad eléctrica de cada parcela de la comunidad de San Nicolás.

En este sentido la metodología comprende una serie de pasos secuenciales, los cuales están agrupados en las siguientes etapas:

A. Trabajo de pre-campo (1ª etapa)

Esta etapa es de organización y planificación de las actividades se desarrollan, con ser:

- a. Recopilación de la información secundaria relacionada al tema**, se procedió a recopilar la mayor cantidad de información secundaria relacionada al tema, como ser los aspectos biofísicos y socioeconómicos de área de estudio.
- b. Elaboración del mapa base**, comprende la elaboración de la plantilla básica o la representación plana del territorio que abarcara el trabajo a partir del mapa geomorfológico. Escala 1:10000
- c. Procesamiento de la información**, se realizó un análisis, selección, sistematización e interpretación de toda la información recopilada, con el fin de determinar la información faltante a ser levantada en la siguiente etapa de trabajo de campo
- d. Planificación del trabajo de campo**, comprende el análisis y la familiarización con los instrumentos para levantar la información en el campo. Con el propósito de optimizar tiempo y trabajo, procedió a la identificación de las parcelas con ayuda del mapa base.

B. Trabajo de campo (2ª etapa)

Esta etapa consistió en la verificación de la información secundaria obtenida además, en ella se procedió a levantar información primaria necesaria. Y comprende las siguientes actividades:

- a. Reconocimiento del área de estudio,** esta actividad se la realizó con el fin de reconocer el área de estudio, identificar el perímetro, los distintos paisajes, la vegetación natural existente y el tipo de utilización de la tierra en la comunidad.
- b. Levantamientos de datos de campo,** con ayuda de fotografías aéreas, se procedió a la ubicación de los sitios de muestreo en el mapa base.
- c. Extracción de la muestra para el análisis químico,** Se conoce que los suelos son cuerpos variables, debido a que sus factores de formación varían de sitio en sitio, y dentro de cada sitio, imprimiéndoles características diferentes, que deben ser consideradas en el muestreo

Es importante que la muestra de suelo sea representativa del terreno que se desea evaluar. Para que exista representatividad, la muestra de suelos debe ser compuesta de varias submuestras de igual tamaño (muestra compuesta). El número de submuestras por muestra está dado por la variabilidad que presenta del terreno que se desea analizar.

- **La muestra será representativa**
- En base al mapa predial realizado por el INRA se tomará muestras de suelo de cada lugar que tenga propietario diferente.
- La relación que se tomará para el muestreo será de 1 muestra compuesta de suelo por hectárea de terreno bajo riego y se tomó 3 muestras compuestas de suelo de terrenos donde no había riego. Dado que la extensión de terreno en cada parcela de riego se tomó más de 1 muestra en cada predio.

- El muestreo que se realizara será al azar y de forma en Zig-Zag. Con la ayuda de un instrumento muestreador se extraerá suelo a la profundidad de 20 cm superficiales.
- Aproximadamente se tomara 20 gr de suelo en una bolsa nylon limpia debidamente identificada para llevar a laboratorio.
- Las herramientas se limpiaron luego de cada muestreo de suelo.

C. Trabajo de post campo _ trabajo de gabinete (3ª etapa)

Una vez concluida la etapa de campo, se procedió al trabajo netamente en gabinete, donde se realizaron las siguientes actividades:

- a. Procesamiento, análisis e integración de la información, en esta actividad se procedió a la roturación de muestras de suelo de la siguiente manera:**

Procesamiento de la muestra

- Con la muestra en el laboratorio se procedió al secado durante 72 horas a temperatura ambiente en papel debidamente identificada cada muestra obtenida.
- Una vez la muestra seca se muele con la ayuda de un triturador y se tamiza con un tamiz de 0.2 mm.
- Pesar 10 gramos de muestra y colocarlos en vasos de 100 ml debidamente identificado
- Preparar la suspensión suelo agua 1:5 (se debe añadir 50 ml de agua destilada al vaso)
- Con la varilla de vidrio mezclar agitando la muestra durante 20 min. Cada una.
- Pasado dicho tiempo proceder a la medición de pH y la conductividad eléctrica de cada muestra.

- b. **Sistematización de los resultados sobre Ph y la CE de suelo de la comunidad**, en esta actividad se la realizo a partir de los objetivos del trabajo el cual están basados netamente en el pH y la conductividad eléctrica.
- c. **Elaboración de mapas y cuadros sobre el pH y la conductividad eléctrica**, comprende la reclasificación del mapa de suelos tomando en cuenta los resultados del pH y la conductividad eléctrica.
- d. **Descripción de los resultados de ph y la CE, en función a la disponibilidad de nutrientes y mención de algunas soluciones para problemas de salinidad en la comunidad**, en este punto se recurrirá a la revisión bibliográfica para así tener algunas pautas de manejo

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Roturación de las muestras obtenidas en el laboratorio

- De acuerdo a los objetivos planteados y la metodología adoptada en el presente trabajo a continuación se describe los resultados.
- De acuerdo a los valores de pH obtenidos de las parcelas estudiadas y los datos que se tiene de rango y tipo pH. Con esto es las siguientes tablas de se nombrarán el tipo de pH que tiene cada parcela.
- De la misma manera se muestran los datos obtenidos de la conductividad eléctrica de cada predio, en el cual también están mostrando CE de cada parcela
- En las siguientes tablas los valores tanto de Ph y CE estarán ordenadas según el mapa base obtenido del INRA –Tarija en cual están ordenas los predios con su respectivo dueño o propietario

Tabla 3

Nº	NOMBRE	Ph MEDIO	CE MEDIA	DESCRIPCIÓN	
				TIPO DE pH	CE
1	ALICIA VIRGINIA TILCARA	8.4	1699	Básico	Alta
2	JUAN DE DIOS JIMENEZ TERRAZAS	8.1	885	Básico	Alta
3	ELEIDO TERRAZAS FERREIRA	8.0	1711	Básico	Alta
4	ALEJANDRO FLORES TERRAZAS	8.1	1589	Básico	Alta
5	ARIEL GIMENES URZAGASTE	8.2	1317	Básico	Alta
6	DEMETRIA MERCADO RAMOS Y ELEIDO TERRAZAS FERREIRA	8.0	195	Básico	Baja
7	PLACIDA JIMENEZ CONTRERAS	8.6	143	Ligeramente alcalino	Baja
8	DOMINGA JIMENEZ CONTRERAS	8.6	223	Ligeramente alcalino	Baja
9	JACINTO JIMENEZ CONTRERAS	8.7	159	Ligeramente alcalino	Baja
10	DANIEL URZAGASTE MENDOZA	8.4	804	Básico	Alta
11	ALICIA VIRGINIA TILCARA Y AMELIA GUSMAN TILCARA	8.1	536	Básico	Media
12	MARCELO RAMÓN ARCE CAMPERO	8.3	147	Básico	Baja
13	EMILIO JIMENEZ CONTRERAS	7.8	1475	Medianamente básico	Alta
14	DINA DONAIRE VEGA Y PATRICIA MARIELA SILVA DONAIRE	6.9	257	Neutro	Media
15	DEMETRIA MERCADO RAMOS Y ELEIDO TERREZAS FERREIRA	7.4	150	Medianamente básico	Baja
16	ARIEL GIMENES URZAGASTE	7.3	90	Neutro	Baja
17	NIVAR JIMENEZ FLORES	7.5	186	Medianamente básico	Baja
18	MARIA MAGDALENA FLORES Y NICOLAS JIMENEZ CONTRERAS	7.9	925	Básico	Alta
19	JULIAN JIMENEZ CONTRERAS	8.3	295	Básico	Media
20	PLACIDA JIMENEZ CONTRERAS	8.0	1644	Básico	Alta
21	JACINTO JIMENEZ CONTRERAS	8.3	1272	Básico	Alta
22	LILIA JIMENEZ CONTRERAS	8.1	841	Básico	Alta
23	MARIBEL AYDEE URZAGASTE TERRAZAS	8.4	240	Básico	Baja
24	FREDY MILTION VILTE BETANCUR Y OMAR NELSON BETANCUR	7.3	154	Neutro	Baja
25	GENARO ESPINOZA	8.4	1487	Básico	Alta

Tabla 4

Nº	NOMBRE	pH MEDIO	CE MEDIA	DESCRIPCIÓN	
				TIPO DE pH	CE
26	EUSEBIO RIOS URZAGASTE	8.0	820	Básico	Alta
27	ARMANDO TOLABA TORREZ	7.1	346	Neutro	Media
28	BEATRIS CADENA DONAIRE DE GUZMAN E IVAR GUZMAN TORREZ	7.1	370	Neutro	Media
29	BERNABE MARAZ GUZMAN	7.2	404	Neutro	Media
30	CRISTINA DONAIRE VEGA	7.2	318	Neutro	Media
31	CATALINA MARIN ROMERO DE JURADO Y OTROS	8.4	323	Básico	Media
32	MARIA AYDE ARECO DONAIRE	7.6	327	Medianamente básico	Media
33	DOMINGA DONAIRE VEGA DE TORRES	8.3	1001	Básico	Alta
34	PATRICIO DONAIRE AYARDE	7.5	293	Medianamente básico	Media
35	DOMINGA DONAIRE VEGA DE TORRES Y OTROS	7.3	57	Neutro	Baja
36	ANGEL GIRA DONAIRE	7.6	54	Medianamente básico	Baja
37	JUANA DONAIRE VEGA DE GIRA	6.6	430	Neutro	Media
38	HUMBERTO GIRA DONAIRE	6.5	508	Ligeramente ácido	Media
39	ELIDIA MARIA GIRA DONAIRE	6.9	331	Neutro	Media
40	DINA DONAIRE VEGA Y PATRICIA MAIRELA SILVA DONAIRE	8.3	296	Básico	Media
41	JUANA ROAMERO DE ARECO Y HUMBERTO ARECO DONAIRE	8.3	319	Básico	Media
42	AGUEDA MARINA ROMERO ARECO DE BETANCUR	8.3	314	Básico	Media
43	HUMBERTO ARECO DONAIRE	8.2	394	Básico	Media
44	LUIS ARECO DONAIRE	8.9	122	Ligeramente alcalino	Baja
45	ROSMERU JURADO QUIROGA	8.6	124	Ligeramente alcalino	Baja
46	VIRGINIA JURADO QUIROGA	8.3	277	Básico	Media
47	BEATRIS CADENA DONAIRE DE GUZMAN	8.3	391	Básico	Media
48	CRISTINA DONAIRE VEGA	8.6	133	Ligeramente alcalino	Baja
49	ARMANDO TOLABA TORREZ	7.9	110	Básico	Baja
50	BERNABE MARAZ GUZMAN	7.1	443	Neutro	Media
51	TOMAS JURADO MARIN	8.0	1355	Básico	Alta
52	MAURA URZAGASTE TILCARA Y BERNARDO CHAVARRIA PERALTA	8.2	150	Básico	Baja
53	VIVIANA URZAGASTE TILCARA Y FRANCISCO ROMERO TORREZ	7.8	102	Medianamente básico	Baja

Tabla 5

Nº	NOMBRE	pH MEDIO	CE MEDIA	DESCRIPCIÓN	
				TIPO DE pH	CE
54	LUCIA GIRA URZAGASTE	8.4	199	Básico	Baja
55	AMELIA ROMERO URZAGASTE	8.0	140	Básico	Baja
56	CARLOTA ROMERO URZAGASTE Y FREDY VILCA GALEAN	8.1	175	Básico	Baja
57	EISEBIA URZAGASTE TILCARA DE ROMERO	8.0	176	Básico	Baja
58	GREGORIO ROMERO URZAGASTE	7.6	79	Medianamente básico	Baja
59	PAULINO URZAGASTE	8.1	126	Básico	Baja
60	RAMONA LUISA URZAGASTE TILCARA	8.1	157	Básico	Baja
61	TIOLINDA JURADO MARIN	6.8	121	Neutro	Baja
62	MARIA ROXANA JURADO Y OTROS	7.4	89	Medianamente básico	Baja
63	MARIA ROXANA JURADO Y OTROS	7.6	71	Medianamente básico	Baja
64	EDIL DELFIN JURADO MARIN	7.3	135	Neutro	Baja
65	CIRA IRMA JURADO MARIN	7.2	95	Neutro	Baja
66	ANDRES JURADO MARIN	7.2	94	Neutro	Baja
67	EDIL DELFIN JURADO MARIN	7.1	98	Neutro	Baja
68	TIOLINDA JURADO MARIN	6.2	24	Ligeramente ácido	Baja
69	JUANA DONAIRE VEGA DE GIRA	6.3	390	Ligeramente ácido	Media
70	EDIL DELFIN JURADO MARIN	6.1	318	Ligeramente ácido	Media
71	FELIX MERILES GIRA	7.3	189	Neutro	Baja
72	DEMETRIA MERCADO RAMOS Y ELEIDO TERREZAS FERREIRA	7.4	266	Medianamente básico	Media
73	SABINA OLGA GIRA DONAIRE	7.4	190	Medianamente básico	Baja
74	HUMBERTO GIRA DONAIRE	7.7	148	Medianamente básico	Baja
75	DOMINGA GUADALUPE RIOS GIRA Y OTROS	8.6	122	Ligeramente alcalino	Baja
76	CIRA IRMA JURADO MARIN	8.5	131	Ligeramente alcalino	Baja
77	OLGA ARECO TAMAYO DE FAJARDO	8.6	151	Ligeramente alcalino	Baja
78	SANTUSA TAMAYO RUIZ DE ARECO	8.5	158	Ligeramente alcalino	Baja
79	BONIFACIA QUIROGA DE JURADO Y OTROS	8.1	193	Básico	Baja
80	RAUL GONZALO ROMERO MARIN	8.2	186	Básico	Baja

Tabla 6

Nº	NOMBRE	pH MEDIO	CE MEDIA	DESCRIPCIÓN	
				TIPO DE pH	CE
81	SANTUSA TAMAYO RUIZ DE ARECO	6.6	225	Ligeramente acido	Baja
82	HUMBERTO ARECO DONAIRE	7.0	115	Neutro	Baja
83	SABINA OLGA GIRA DONAIRE	7.5	149	Medianamente básico	Baja
84	ANGEL GIRA DONAIRE	8.0	429	Básico	Media
85	PATRICIO DONAIRE AYARDE	8.3	114	Básico	Baja
86	DINA DONAIRE VEGA Y PATRICIA MARIELA SILVA DONAIRE	8.5	150	Ligeramente alcalino	Baja
87	CRISTINA DONAIRE VEGA	8.5	121	Ligeramente alcalino	Baja
88	JUANA DONAIRE VEGA DE GIRA	8.6	173	Ligeramente alcalino	Baja
89	HUMBERTO GIRA DONAIRE	8.5	113	Ligeramente alcalino	Baja
90	MARIA AYDE ARECO DONAIRE	8.5	250	Ligeramente alcalino	Media
91	BELTRAN ARECO TAMAYO	7.3	197	Neutro	Baja
92	SANTUSA TAMAYO RUIZ DE ARECO	7.0	116	Neutro	Baja
93	OLGA ARECO TAMAYO DE FAJARDO	7.8	42	Medianamente básico	Baja
95	ROSMERY JURADO QUIROGA	8.0	165	Básico	Baja
96	PATRICIO DONAIRE AYARDE	8.3	213	Básico	Baja
97	TOMAS JURADO MARIN	8.1	93	Básico	Baja
98	EUSEBIO RIOS URZAGASTE	7.5	207	Medianamente básico	Baja
99	DOMINGA DONAIRE VEGA DE TORREZ	8.3	177	Básico	Baja
100	CRISTINA DONAIRE VEGA	8.3	140	Básico	Baja
101	PATRICIO DONAIRE AYARDE	8.1	279	Básico	Media
102	JACINTO JIMENEZ CONTRERAS	7.6	58	Medianamente básico	Baja
103	PLACIDA JIMENEZ CONTRERAS	8.2	959	Básico	Alta
104	DOMINGA JIMENEZ CONTRERAS	8.1	945	Básico	Alta
105	CINTYA MARLENE MAMANI CALIZAYA Y JULIAN JIMENEZ CONTRERAS	8.2	811	Básico	Alta
106	LILIA JIMENEZ CONTRERAS	8.2	693	Básico	Media
107	EMILIO JIMENEZ CONTRERAS	8.7	173	Ligeramente alcalino	Baja
108	ZULEMA FLORES PADILLA Y GREGORIO JIMENEZ CONTRERAS	8.5	175	Ligeramente alcalino	Baja
109	EUSEBIO RIOS URZAGASTE	7.5	673	Medianamente básico	Media
110	RAMIRO ARCE CAMPERO	8.3	1728	Básico	Alta

Tabla 7

Nº	NOMBRE	pH MEDIO	CE MEDIA	DESCRIPCIÓN	
				TIPO DE pH	CE
111	EDUARDO ARCE CAMPERO	8.4	237	Básico	Baja
112	CRISTINA RIOS CONTRERAS	8.1	2043	Básico	Alta
113	IRENIO RIOS CONTRERAS	8.2	1141	Básico	Alta
114	JOSE RIOS CONTRERAS	7.9	613	Básico	Media
115	MARILY NATALY VALENCI Y OTROS	7.9	424	Básico	Media
116	IRENIO RIOS CONTRERAS	8.6	118	Ligeramente alcalino	Baja
117	IRENIO RIOS CONTRERAS	7.4	793	Medianamente básico	Alta
118	ANDRES JURADO MARIN	8.1	601	Básico	Media
119	EDIL DELFIN JURADO MARIN	8.3	154	Básico	Baja
120	ANDRES JURADO MARIN	8.3	181	Básico	Baja
121	EUSEBIO RIOS URZAGASTE	8.7	142	Ligeramente alcalino	Baja
122	CRISTRINA DONAIRE VEGA	8.3	1469	Básico	Alta
123	CIRA IRMA JURADO MARIN	8.7	237	Ligeramente alcalino	Baja
124	VICENTE RAUL RIOS CONTRERAS	8.4	698	Básico	Media
125	BUENAVENTURA RIOS CONTRERAS	8.5	223	Ligeramente alcalino	Baja
126	EUSEBIO RIOS URZAGASTE	8.7	140	Ligeramente alcalino	Baja
127	MARIA AYDE ARECO DONAIRE	8.4	362	Básico	Media
128	DOMINGA JIMENEZ CONTRERAS	8.2	2445	Básico	Muy alta
129	MATILDE DONAIRE TILCARA	8.5	207	Ligeramente alcalino	Baja

4.2 Interpretación de los resultados

CUADRO 6 Clasificación de acuerdo al número de los predios y según el pH

Ligeramente ácido	Neutro	Medianamente básico	Básico	Ligeramente alcalino
38-68-69-70	14-16-24-27-28 29-30-35-37-39 50-61-64-65-66 67-71-82-91-92 81	13-15-17-32-34 36-53-58-62-63 72-73-74-83-93 98-102-109-117	1-2-3-4-5-6-10 11-12-18-19-20 21-22-23-25-26 31-33-40-41-42 43-46-47-49-51 52-54-55-56-57 59-60-79-80-84 85-95-96-97-99 100-101-103- 104-105-106- 110-111-112- 113-114-115- 118-119-120- 122-124-127- 128	7-8-9-44-45-48 75-76-77-78-86 87-88-89-90-107 108-116-121- 123-125-126- 129

FUENTE: Elaboración Propia

En este cuadro se puede ver que se utilizó el número de predio para poder de esa manera facilitar la clasificación de las parcelas según el tipo de pH

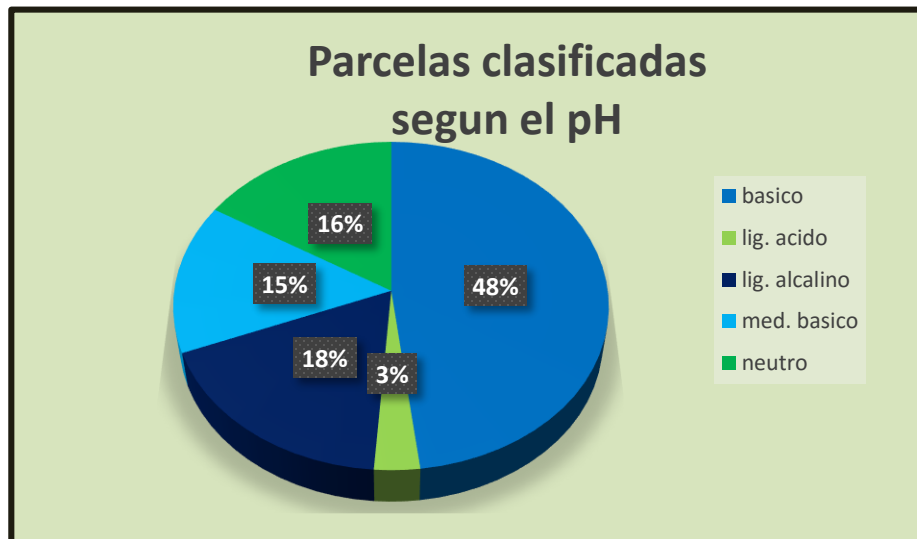
CUADRO 7 Porcentaje de las parcelas clasificadas según el pH

TIPO DE pH	CANTIDAD DE PARCELAS	% DE PARCELAS CLASIFICADAS SEGÚN EL pH
Básico	62	48
Ligeramente ácido	4	3
Ligeramente alcalino	23	18
Medianamente básico	19	15
neutro	21	16
	129	100

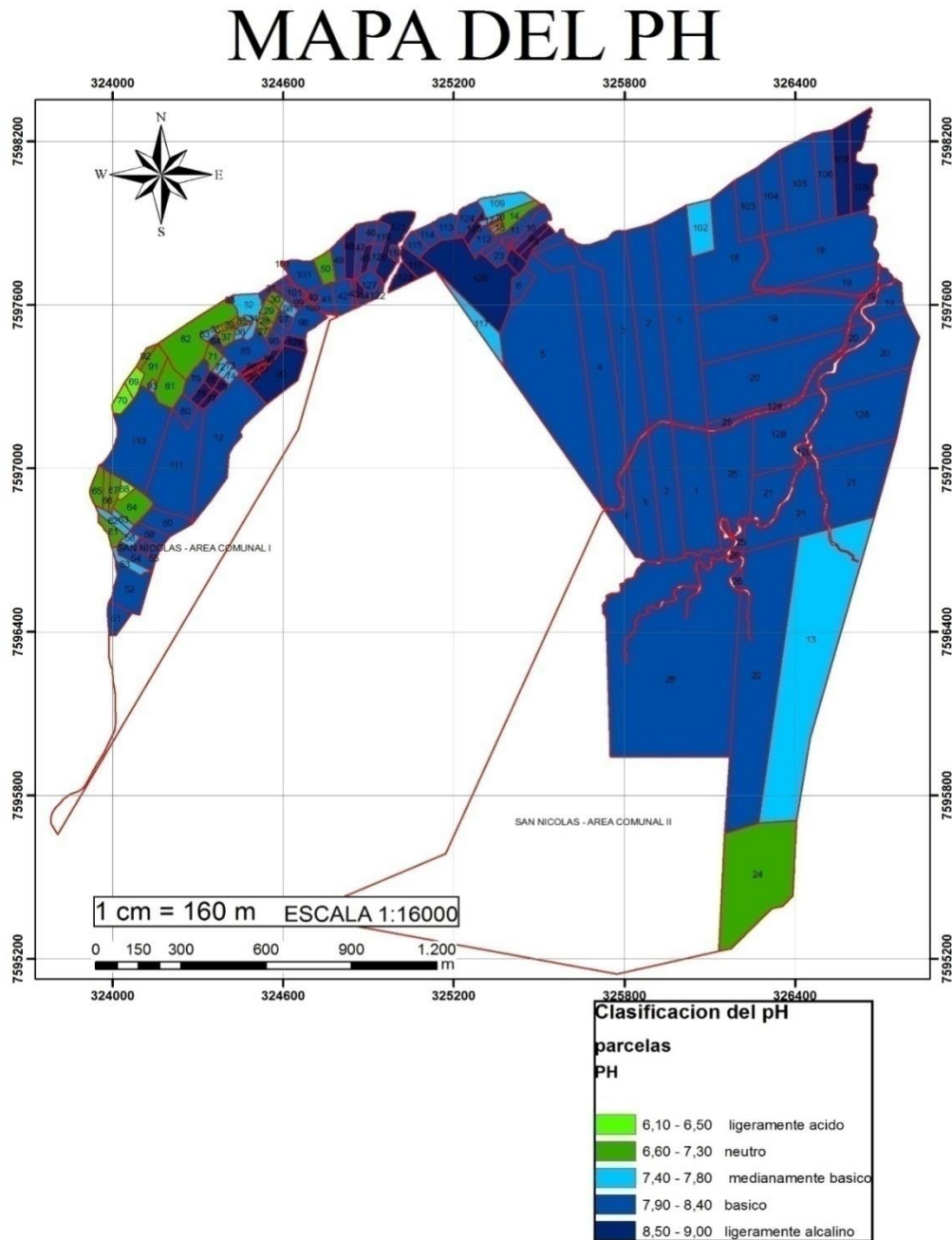
Fuente: elaboración propia

Como se puede notar en este cuadro nos indica cual es el porcentaje de parcelas ya clasificadas según el pH y tenemos que el mayor porcentaje de parcelas se encuentran con pH básicos y el menor porcentaje tiene pH ligeramente ácido.

Gráfico 1



CUADRO 8 Mapa temático de la zona de estudio donde nos muestra cada parcela ya identificada y diferenciada por distinto color de acuerdo a la escala cromática que tiene el pH



CUADRO 9 Clasificación de los predios según la Conductividad Eléctrica

Baja	Media	Alta	Muy alta
6-7-8-9-12-15-16- 17-23-24-35-36- 44-45-48-49-52- 54-55-56-57-58- 59-60-61-62-63- 64-65-66-67-68- 71-73-74-75-76- 77-78-79-80-81- 82-83-85-86-87- 88-89-90-92-93- 94-95-96-97-98- 99-100-102-107- 108-111-116-119- 120-121-123-125- 126-129	11-14-19-27-28- 29-30-31-32-34- 37-38-39-40-41- 42-43-46-47-50- 69-70-72-84-90- 101-106-109-114- 115-118-124-127	1-2-3-4-5-10-13- 18-20-21-22-25- 26-33-51-103-104- 105-110-112-113- 117-122	128

Fuente: elaboración propia

De la misma manera se hizo en el pH, también aquí se clasificó las parcelas utilizando el número del predio y el grado de riesgo salino (conductividad eléctrica) de toda la zona de estudio

CUADRO 10 Porcentaje de parcelas clasificadas según la conductividad eléctrica

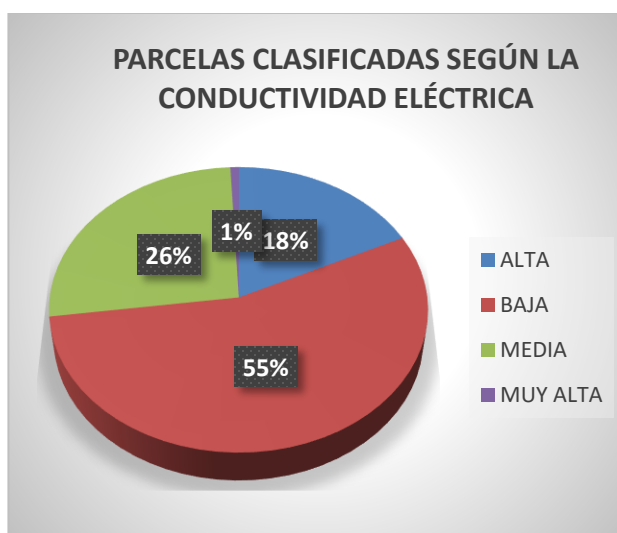
GRADO DE RIESGO SALINO (CE)	PARCELAS CLASIFICADAS	% DE PARCELAS CLASIFICADAS
ALTA	23	18
BAJA	71	55
MEDIA	34	26
MUY ALTA	1	1
	129	100

Fuente: elaboración propia

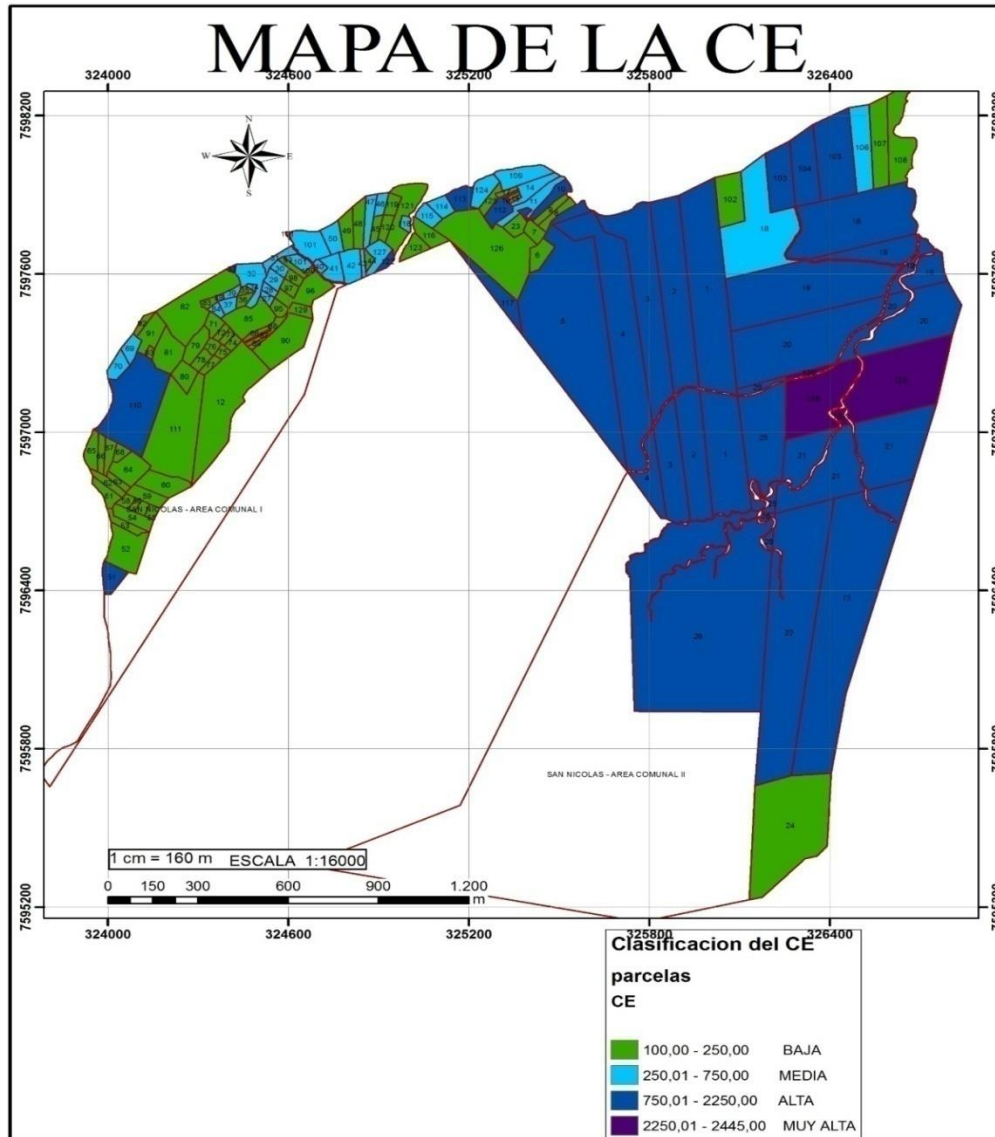
Para tener conocimiento del porcentaje de parcelas clasificadas según la conductividad eléctrica. Cuadro 7 nos muestra el porcentaje que se sacó de las parcelas de acuerdo a cada uno del grado de riesgo salino que tiene.

Y se puede notar que el mayor porcentaje de parcelas están con un grado de riesgo salinos BAJO, y de acuerdo a ese resultado se puede decir que no hay problemas de salinidad en esas parcelas

Gráfico 2



CUADRO 11 Mapa temático de la conductividad eléctrica



En este mapa muestra ya coloreado cada parcela de acuerdo de acuerdo al grado de riesgo salino (CE)

Se puede notar que las parcelas de no coloradas esas áreas no estaban determinadas con un propietario por ende no tenía un numero de predio, ni alguna identificación de propietario particular. De esa manera esa área no fue tomada en cuenta para el estudio.

4.3 Descripción de los resultados de pH y la CE

De acuerdo a los resultados mostrados anteriormente del pH y la conductividad eléctrica, a continuación se describe las características, cualidades y limitantes de los tipos de Ph y CE según dada a los predios de la comunidad.

4.3.1 Clasificación según el tipo de Ph

En la comunidad de estudio se pudo evidenciar que los Ph oscilan en un rango de 6.1 a 8.9 y según la clasificación del USDA tenemos 5 tipos en ese rango de pH en la comunidad.

- **pH Ligeramente ácido**

Su rango es de 6,1 a 6,5 el cual según la disponibilidad de nutrientes no tendremos ninguna dificultad significativa en cuanto a la absorción de nutrientes esenciales para la mayoría de los cultivos

- **Neutro**

Su rango es de 6,6 a 7,3; de la misma manera que el anterior tipo de Ph no hay ninguna dificultad por la absorción de los nutrientes, siendo este tipo de Ph el ideal para todos los cultivos. Y por tanto tener los rendimientos óptimos según la disponibilidad de nutrientes.

- **Medianamente básico**

Su rango es de 7,4 a 7,8; en este tipo de Ph ya se tendrá limitaciones en cuanto a la absorción de micronutrientes por ejemplo el hierro el cual y no está disponible para asimilación de las plantas

En este tipo de Ph es conveniente cultivar plantas resistentes a este tipo de pH

- **Básico**

su rango indica de 7,9 a 8,4; aquí ya tenemos más limitaciones tanto de micronutrientes (Fe, B, Cu, Zn) y también de macronutrientes (N, P).

Por esta razón aquí ya tenemos problemas de salinidad siendo lo más conveniente hacer el empleo de un manejo de suelo cuidadoso para tratar de bajar el Ph

- **Ligeramente alcalino**

Con un rango de 8,5 a 8,9; en este tipo de suelos en el cual ningún cultivo se desarrolla por lo cual necesita bajar los Ph a la neutralidad, mediante productos que acidifiquen el suelo, también por la incorporación de abonos y por un proceso de lavado de sales de suelo

Todo esto se explica de una manera más completa en el capítulo de marco teórico

4.3.2 Clasificación de la conductividad eléctrica

De esta manera tenemos que la CE según los resultados nos dan valores de cantidad de sales que existen en el suelo y el efecto de sobre los cultivos

- **CE baja** con un rango de 0-250; suelos libres de sales, no existe ninguna restricción en cuanto al rendimiento de los cultivos.
- **CE medio** con un rango de 250-750 suelos moderadamente salinos, solo los cultivos sensibles se pueden ver afectados en los rendimientos.
- **CE alta** con un rango de 750-2250 suelos salinos, el rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectados por esta condición de salinidad, solo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.

- **CE muy alta** más de 2250 suelos extremadamente salinos, prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

4.4 Propuestas de manejo de manejo en función de la salinidad

Como se sabe las sales se pueden originar por estas 6 razones;

- Meteorización de rocas o materiales parentales.
- Mantos freáticos elevados que no impiden el movimiento vertical del agua.
- Calidad pobre del agua de riego (contenido alto de sales).
- Mal manejo del riego, donde la lámina de drenaje es insuficiente para el lavado de sales.
- Ex vasos de lagos o lagunas sometidos a evaporación por largos períodos.
- Aplicación excesiva de fertilizantes, abonos animales o compostas.

De acuerdo al valor de Ph y CE obtenido en los suelos obtenidos de las parcelas estudiadas se puede mencionar las siguientes propuestas de manejo:

Tanto los pHs **Ligeramente ácido, neutros y la CE baja** no tienen ningún problema de salinidad y esto significa que la mayoría de los cultivos se desarrollan adecuadamente, siempre y cuando el cultivo sea apto de para la zona y tenga los requerimientos nutricionales correspondientes a cada cultivo.

pH **Medianamente básico y la CE media**, aquí ya hay limitantes en cuanto a la absorción de nutrientes por lo tanto, solo los cultivos resistentes a la salinidad pueden prosperar: (remolacha, alfalfa, cebada, habas, mostaza, trébol híbrido, nogal, olivo. Quiminet 2006).

Para los pHs **Básico, Ligeramente alcalino, y las CE alta, media;** los suelos están afectados en mayor cantidad por la salinidad. Por lo tanto se propone bajar el pH del suelo, con productos ácidos como ser: azufre, sulfato de hierro, fertilizantes nitrogenados de reacción ácida, materia orgánica y otro método puede funcionar es lavado de las sales del suelo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que en la comunidad de San Nicolás, los suelos se encuentran afectados con problemas de salinidad ya que procediendo a clasificar las parcelas según el pH tenemos que el 48% son pH básicos, el 15% pH medianamente básico, y el 18% de parcelas tienen pH ligeramente alcalinos donde el problema ya es la alcalinidad.
- Por otra parte también se pudo observar que tan solo 3 y 16% de las parcelas están con pH ligeramente ácidos y neutros, el cual estos son óptimos para el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- De acuerdo a los resultados que se obtuvo de la conductividad eléctrica del suelo se pudo determinar que el 55% de parcelas están con una conductividad eléctrica ; BAJO, esto quiere decir que no se encuentra problemas de salinidad y el 18%; 1% de parcelas el grado de riego salino aumenta de ALTO a MUY ALTO esto significa que la cantidad de sales también aumenta.
- En base a la influencia del pH en la asimilación de nutrientes y al ver que los pH de la zona tienden a ser elevados, por ende la planta tendrá problemas al momento absorción de los siguientes elementos: El nitrógeno, fosforo, hierro, magnesio, boro, cobre y zinc. Y estos hace que limite a la planta en cuanto al adecuado crecimiento y desarrollo.

5.2 RECOMENDACIÓN

- Para los pH neutros los cuales son aptos para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas se recomienda realizar un estudio de fertilidad de suelo para de esa manera determinar aptitudes productivas del suelo y así optimizar el manejo y rendimiento de los cultivos.
- Debido al alto porcentaje de parcelas afectadas por la salinidad y alcalinidad, se recomienda aplicar al suelo productos ácidos, que ayuden a que el pH de las parcelas tienda a bajar y así aproximarse a la neutralidad.
- También para contrarrestar la salinidad se puede realizar el lavado de las sales del suelo y junto a eso mantener un buen drenaje de las parcelas para evitar la acumulación de sales
- Otra manera de trabajar paralelamente con la salinidad se recomienda cultivar plantas tolerantes a pH altos según la fig.
Cultivos tolerantes a la salinidad (remolacha, alfalfa, cebada, pimiento, habas, mostaza, trébol híbrido, nogal, olivo. Quiminet 2006).
- Según los resultados del agua de riego que se obtuvo con pH de 7.6 a 8,6; estos nos indica que el agua el cual se utiliza para regar los predios de zona también tiene problemas de salinidad, por ende este puede ser unos de los principales problemas que están afectando y se recomienda continuar con el estudio de calidad de agua riego