



**UNL • FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS**

Trabajo Final Integrador para optar por el grado académico:

Especialista en Cultivos Intensivos

**“Diseño de un sistema de producción de hortalizas en
suelos con limitantes productivas y salinidad en el
agua subterránea, en el departamento San Cristóbal,
Santa Fe, Argentina”**

Alumno: Ing. Agr. Cariola, Diego Andrés

Director: Ing. Agr. (M.Sc.) Gatti, Mariano Adrián

Codirectora: Ing. Agr. (Dra.) Alvarez, Norma

Esperanza, Santa Fe

Año 2026

ÍNDICE

RESÚMEN	Pág. 3
1. INTRODUCCIÓN	Pág. 4
1.2 Delimitación del tema e identificación del problema	Pág. 5
1.2 Factores determinantes a tener en cuenta para la producción local de hortalizas	Pág. 5
2. OBJETIVOS	Pág. 8
2.1 Objetivo general	Pág. 8
2.2 Objetivos específicos	Pág. 8
3. METODOLOGÍA	Pág. 8
4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	Pág. 8
4.1 Aspectos referidos al suelo	Pág. 8
4.1.1 Técnicas que mejoran la infiltración	Pág. 9
4.1.2 Abonado del suelo y enmiendas químicas	Pág. 10
4.1.3 Utilización de mantillo o mulching	Pág. 11
4.2 Aspectos referidos al agua	Pág. 12
4.2.1 Criterios para interpretar y clasificar el agua para riego	Pág. 13
4.2.2 Implementar riego por goteo y regar en alta frecuencia	Pág. 16
4.2.3 Recolectar agua de lluvia	Pág. 17
4.2.4 Incorporar lámina extra de riego	Pág. 17
4.2.5 Manejo y controles del sistema	Pág. 17
4.3 Especies hortícolas tolerantes a sales	Pág. 17
4.4 Aspectos de manejo y otras tecnologías que mejoran la tolerancia a sales de los cultivos	Pág. 20
5. PLAN DE ACCIÓN	Pág. 21
5.1 Etapa Previa a la siembra	Pág. 21
5.2 Etapa de preparación para la siembra y siembra	Pág. 22
5.3 Etapa de realización de ensayos	Pág. 22
5.4 Etapa de monitoreo y evaluación del sistema	Pág. 22
5.5 Cronograma de tareas	Pág. 23
6. CONCLUSIÓN	Pág. 24
7. ANEXO	Pág. 25
8. BIBLIOGRAFÍA	Pág. 27

RESÚMEN

Este trabajo tiene como objetivo recabar información científica y así aportar técnicas que permitan mejorar e incrementar la producción de hortalizas en las condiciones agroecológicas del departamento San Cristóbal, Santa Fe, Argentina. También se proponen conocimientos basados en experiencias de trabajo de INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) con huertas familiares. Para ello se analizó sobre: abonos disponibles en el territorio y su valor como fertilizante, enmiendas químicas que puedan mejorar la productividad de la tierra, propuestas para evitar la salinización del suelo con el agua de riego, especies hortícolas que toleran salinidad, prácticas de manejo y adición de nutrientes para mejorar la tolerancia a sales y otras tecnologías como la de injertos en hortalizas. Se propone un plan de trabajo con la construcción de un sistema de recolección y almacenamiento de agua de lluvia. Concluyendo que se vislumbra un panorama favorable para producir cierta variedad de hortalizas en las condiciones agroecológicas del departamento.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de San Cristóbal, cabecera del departamento homónimo, tiene una población de 15.003 habitantes (Indec, 2022), lo que supone un consumo significativo de hortalizas. Esta ciudad y otras localidades pequeñas de la zona rural, se aprovisionan de hortalizas que provienen del Mercado de Productores y Abastecedores de frutas, verduras y hortalizas, ubicado en la ciudad capital de la provincia, distante 175 km. (Figura 1), siendo distribuidas en la ciudad por comercios minoristas. San Cristóbal está ubicada en los $30^{\circ}18'35,30''$ latitud sur y $61^{\circ}14'13,43''$ longitud oeste, en un área de transición entre clima templado y subtropical. Algunos de estos productos, en especial las verduras de hojas como la rúcula, requieren un manejo postcosecha muy delicado; por ello llegan al consumidor con una calidad inferior a la deseada. También es importante tener en cuenta las grandes distancias entre los puntos de producción y consumo que podrían alterar la calidad de estos alimentos.



Figura 1. Ubicación de la ciudad de San Cristóbal y del Mercado de productores y abastecedores de frutas, verduras y hortalizas en la ciudad de Santa Fe.

En la zona se han desarrollado huertas familiares agroecológicas en pequeñas superficies, con resultados satisfactorios. Una experiencia se realizó en la huerta demostrativa de la ciudad, donde se obtuvieron buenos rendimientos en cultivos de remolacha, achicoria, acelga y rúcula. El riego se efectuó con agua de conductividad eléctrica (CE) 2,53 dS/m mediante un sistema

por goteo dispuesto en canteros (tablones) de 9 x 1 m (de largo y ancho respectivamente) (Figura 2). Los canteros fueron abonados con una mezcla en partes iguales de estiércol bovino y cama de pollo a razón de 40 L/m² (INTA San Cristóbal, 2025).



Figura 2. Experiencia de producción de hortalizas bajo riego por goteo en una huerta demostrativa de San Cristóbal. (INTA San Cristóbal, 2025)

1.1 Delimitación del tema e identificación del problema

La escasa producción de hortalizas en el departamento San Cristóbal, se debe a limitantes en el suelo y el agua. Sin embargo, experiencias prácticas han demostrado la posibilidad de producir localmente, y a mayor escala, determinadas especies de hortícolas. El desarrollo de esta actividad permitiría ofrecer alimentos frescos y de buena calidad, abastecer parte de la demanda del departamento, acortar las distancias entre productores y consumidores, favorecer los mercados locales y reducir costos de transporte y el impacto ambiental asociado.

Asimismo, se observa que algunos productores carecen de información técnica para identificar especies hortícolas con buen comportamiento bajo las condiciones locales.

1.2 Factores determinantes a tener en cuenta para la producción local de hortalizas

Como se mencionó, uno de los principales problemas que limitan la producción local de hortalizas son las características de los suelos de San Cristóbal. Los mismos se encuentran dentro de un paisaje cuya pendiente del área es inferior al 1%, con planos bajos muy extendidos,

de relieve predominantemente subnormal a subnormal-cóncavo, de drenaje extremadamente dificultoso, por esta causa se dan anegamientos periódicos.

En San Cristóbal se encuentra la unidad taxonómica 25, son un complejo de Natracualf típicos y Natracuoles típicos. Los primeros ocupan la mayor parte de la unidad ubicándose en las partes menos drenadas, mientras que los segundos se encuentran en sectores de pequeñas lomadas y son los suelos de mayor aptitud productiva.

La textura de estos suelos es limosa, en los horizontes superficiales tienen 73,9% de limo (2-50 micrones), 25,1% de arcilla (< 2 micrones) y 1% de arena (de tamaño muy fino en mayor cantidad dentro de este componente). La predominancia de Natracualfs típicos otorga severas limitaciones derivadas de la alcalinidad sódica a pocos centímetros de la superficie (Mosconi, et al., 1981).

Estos suelos son clase 6, es decir, su aptitud productiva es baja, su uso recomendado es pastoril con restricciones muy severas (Figura 3). No son aptos para la producción agrícola, el aprovechamiento está reducido a la utilización de sus pastizales naturales y de pasturas implantadas, con fuertes limitantes para la elección de especies y con alto riesgo de degradación de los mismos.

La subclase ws: (w) indica que existen restricciones por permanencia de excesos de agua temporarios o permanentes, que pueden ser debido a drenaje deficiente de los suelos o a la napa freática cercana a la superficie; (s) indica limitaciones del suelo para la exploración de las raíces, debido a salinidad, sodicidad o baja capacidad de retención de humedad (Figura 3). La capacidad productiva 14, manifiesta serias limitantes para la producción agropecuaria ya que este indicador va de 0 a 100, siendo 100 las tierras de mejor capacidad productiva (Giorgi, et al., 2000).



Figura 3. Taxonomía de suelos cercanos a la ciudad de San Cristóbal. (INTA Digital GEO, 2025)

El otro factor determinante, que limita la producción local de hortalizas es la mala calidad del agua subterránea. En San Cristóbal el agua para riego se extrae a una profundidad de entre 10 y 15 metros, la distancia de la napa a superficie varía, alrededor de los 15 m en los campos altos a 1 m en campos bajos; esta tiene altos contenidos de sales y en ocasiones de sodio. (INTA San Cristóbal, 2025).

Según Shrivastava y Kumar (2014), aunque es difícil estimar con precisión, la superficie de suelos salinizados a nivel global está aumentando, este fenómeno es especialmente intenso en suelos de regadío. Argentina según FAO-UNESCO, es el tercer país con mayor superficie de suelos afectado por halomorfismo en el mundo (Lavado y Taleisnik, 2008). Por este motivo en sistemas hortícolas, en los cuales es imprescindible regar, hay que tener en cuenta este riesgo y aplicar prácticas de manejo y técnicas que contribuyan a evitarlo.

Por lo mencionado anteriormente, en este trabajo se aportarán aspectos agronómicos de interés para diseñar un sistema de producción hortícola que se adapte a las condiciones agroecológicas de citado territorio. Identificando tecnologías y prácticas de manejo que contribuyan a incrementar la producción, sin dañar los recursos naturales, aportando información relevante a quien desee emprender en la zona o en otros sitios con características ambientales semejantes.

2. OBJETIVOS

2.1 General: diseñar un sistema de producción de hortalizas, adaptado a suelos con limitantes productivas y aguas subterráneas con alto contenido de sales en el departamento San Cristóbal, Santa Fe, Argentina.

2.2 Específicos:

- Recompilar información sobre especies y variedades hortícolas adaptadas a suelos de baja capacidad productiva y al uso de agua de riego con alta conductividad eléctrica.
- Identificar tecnologías y prácticas de manejo que permitan lograr una producción hortícola adecuada en cantidad y calidad bajo las condiciones locales de suelo y agua disponibles.

3. METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda bibliográfica obteniendo información nacional e internacional, priorizando artículos científicos y libros, utilizando buscadores como Google académico, consultando la biblioteca electrónica del Ministerio de ciencia y tecnología y repositorios digitales de la Universidad Nacional del Litoral e INTA. Los datos agroclimáticos y experiencias locales se tomaron de archivos de la agencia de extensión rural de INTA San Cristóbal (INTA San Cristóbal, 2025).

A partir del análisis e integración de la información recopilada, se elaboró una propuesta técnica destinada al diseño de un sistema de producción hortícola adaptado a las condiciones agroecológicas del departamento San Cristóbal, identificando especies aptas, tecnologías apropiadas y prácticas de manejo orientadas a mejorar la productividad sin comprometer la conservación de los recursos naturales.

4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Se propone un conjunto de acciones teniendo en cuenta los factores más limitantes para producir hortalizas en San Cristóbal, que son: la baja capacidad productiva de los suelos y el agua subterránea con alta cantidad de sales.

4.1 Aspectos referidos al suelo.

Teniendo en cuenta las características mencionadas sobre las clases de suelos presentes en el territorio, se propondrán técnicas de manejo orientadas a su conservación y uso sostenible. Manteniendo y mejorando sus características naturales, asegurando la conservación de su fertilidad, minimizando la contaminación y la elevación de su salinidad a valores no deseables.

Dada la baja pendiente y escasa infiltración, evitar anegamientos temporales es importante para la salud del suelo.

Estos suelos tienen una dotación baja de materia orgánica y de nitrógeno, una dotación media de fósforo, baja dotación de azufre y un pH levemente alcalino. Esto se puede observar en los análisis de suelo LOTE NORTE (30°19'44,13"S, 61°14'33,23"O), LOTE SUR (30°19'50,03"S, 61°14'41,49"O) y LOTE HUERTA (30°19'44,09"S, 61°14'40,41"O); en LOTE HUERTA da mejores resultados debido a que el lote fue abonado. También podemos observar en el lote huerta, que está bajo riego y dada la baja calidad del agua subterránea en la zona, como fue incrementando la CE. (Figura 4).

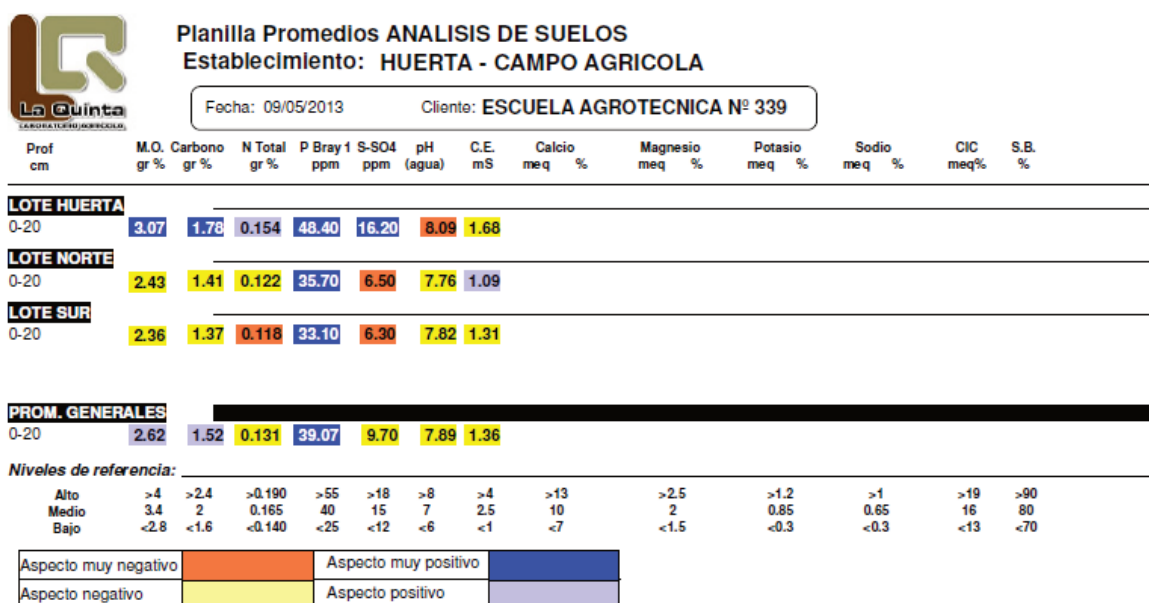


Figura 4. Análisis químico de suelos de la ciudad de San Cristóbal. (INTA San Cristóbal, 2025)

4.1.1 Técnicas que mejoran la infiltración.

En suelos con baja infiltración y tendencia a la compactación, puede considerarse la realización de escarificados o subsolados estratégicos cuando las condiciones de humedad lo permitan, con el objetivo de mejorar la porosidad y favorecer el movimiento vertical del agua. Asimismo, la incorporación sistemática de materia orgánica estabilizada y la inclusión de rotaciones con gramíneas contribuyen a mejorar la estructura del suelo, aumentar la estabilidad de agregados y favorecer la infiltración. También disponer de drenajes adecuados ayudará a lavar sales del perfil e impedir anegamientos y sus negativas consecuencias para el suelo y los cultivos (Comisión de Cultivos Intensivos, 2015).

4.1.2 Abonado del suelo y enmiendas químicas.

Una práctica importante para los suelos de San Cristóbal es el abonado. Como se mencionó anteriormente en la zona, el estiércol bovino es un recurso disponible. El manual de buenas prácticas para cultivos intensivos, indica que no se deben utilizar residuos orgánicos de origen animal y vegetal, para incorporarlos al suelo como abonos orgánicos y/o enmiendas, sin realizar un previo proceso de compostaje (Comisión de Cultivos Intensivos, 2015). Por lo tanto, el estiércol debe pasar este proceso antes de ser incorporado a los cultivos. El uso de estiércol bovino como abono orgánico es una excelente alternativa para disminuir la utilización de fertilizantes químicos, su aplicación en la producción agrícola brinda importantes beneficios tanto desde el punto de vista económico como en la producción de los diferentes cultivos; algunos estudios indican que la incorporación de estiércol bovino en el suelo mejora su estructura y agrega una cantidad sustancial de materia orgánica (Paredes Peralta y Guzmán Brito, 2024). En la (Figura 4) podemos observar que el análisis químico de suelo en Lote Huerta, en el cual se incorporaron diversos abonos orgánicos se obtuvieron mejores resultados en valores de materia orgánica, carbono, nitrógeno total, fósforo y azufre, comparándolos con los lotes Norte y Sur en los cuales se realizan cultivos agrícolas, barbecho natural y el sur con alfalfa.

Ciertos autores afirman que el nitrógeno disponible para la planta depende directamente de la composición química del estiércol utilizado como abono (Li y Li, 2014), y que su calidad es variable en relación con el tipo de animal, su edad, dieta y sistema de manejo (Chadwick et al., 2000). Las características químicas del estiércol fresco de bovino se encuentran estandarizadas según American Society of Agricultural Engineers (2003), estas tablas no disponen de datos locales, por lo tanto, podrán utilizarse para realizar cálculos orientativos sobre el aporte de nutrientes de este tipo de abono, que no siempre coincidirán con el aporte real del material utilizado en territorio (Anexo. Tabla 7).

De acuerdo con estudios dosis elevadas de estiércol bovino influyen de manera negativa en algunas propiedades de suelo como la conductividad eléctrica, donde se observaron valores de 3,6 a 4,3 dS/m (Paredes Peralta y Guzmán Brito, 2024). Como menciona López Fernández et al., (2018), al compostar estiércol bovino los valores de pH y conductividad eléctrica pueden verse modificados debido a las sales minerales que los animales recibían en la dieta, encontrando valores de pH de 9,1 y CE de 9,6 dS/m. en los compost analizados.

Teniendo en cuenta lo antedicho y la precaución de realizar determinaciones analíticas al compost de estiércol bovino previa incorporación a la huerta, este abono orgánico es una excelente técnica que contribuye a mejorar y mantener la fertilidad química de los suelos.

En cuanto a la aplicación de enmiendas químicas hay que tener en cuenta que es una técnica más costosa que el abono orgánico y que falta información local sobre su comportamiento. La obtención de un pH en el suelo que se encuentre entre 5,5 y 6, es importante dado que, en ese rango el conjunto de nutrientes se encuentra disponible para las raíces de las plantas, a medida que este se incrementa se ve afectada la disponibilidad de fósforo, zinc, manganeso y hierro. (Micheloud, 2022). Según Muguero et al., (2017), el exceso de Na^+ , carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua de riego incrementan el pH, la CE y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en suelo, afectando el crecimiento de los cultivos. Los autores concluyen que la incorporación de yeso agrícola disminuyó la concentración de Na^+ y PSI significativamente desde superficie hasta 0,4 metros, también mejoró significativamente las condiciones físicas del suelo manifestando así un incremento en la producción del cultivo de lechuga en suelos afectados por el riego con aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas, aunque su aplicación no logró modificar significativamente el pH del suelo. Por lo antedicho, dentro del plan de acción se propone, evaluar el efecto de la aplicación de yeso agrícola en los suelos con elevados valores de sodio intercambiable y alta relación de adsorción de sodio (RAS), la aplicación de yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) constituye una práctica recomendada. El calcio aportado desplaza al sodio del complejo de intercambio, favorece la floculación de arcillas, mejora la estructura del suelo y aumenta la infiltración, permitiendo posteriormente el lavado de sales.

4.1.3 Utilización de mantillo o mulching.

Una técnica importante para el cuidado del suelo es la cobertura, mantillo o mulching, la temperatura, la estabilidad estructural y la densidad aparente del suelo se ven modificadas con esta técnica (Henríquez Henríquez, 2014), el autor realizó un ensayo con distintos tipos de mulchings: plástico negro, plástico doble faz blanco/negro, pasto en proporción de 3 kg/m^2 , pasto en proporción 2 kg/m^2 y testigo a suelo desnudo; aplicado en tres ciclos consecutivos del cultivo de lechuga. Los resultados indicaron que: el mejor desempeño en peso de cabezas y rendimientos de lechuga se obtuvieron en el tratamiento de pasto de 3 kg/m^2 ; el uso de plástico color blanco fue el tratamiento con menores promedios de temperatura del suelo en lecturas tomadas de 12 a 15 hs y que el mulching favorece el proceso de formación de agregados, logrando a la vez incrementar la velocidad de infiltración de agua.

Con respecto a la utilización de mulching orgánico, es fundamental, que no tenga semillas de malezas (Guerra, 2024). La utilización de esta técnica, junto a otras como riego localizado y el empleo de plantines hortícolas, disminuye la competencia de las plantas no deseadas, obteniendo como resultado una reducción en el número de labranzas durante el cultivo con el

objeto de eliminar malezas. Mantener el suelo cubierto con una capa orgánica reduce los riesgos de procesos degradativos del suelo, especialmente en época de lluvias y altas temperaturas y contribuye a mantener la humedad del suelo (Guerra, 2024).

4.2 Aspectos referidos al agua.

En el caso de utilizar el agua subterránea para el riego es requisito de suma importancia contactarse con un laboratorio y realizar un análisis químico. Se recomiendan evaluar los siguientes parámetros: conductividad eléctrica o sólidos totales; pH; cationes: calcio, magnesio, sodio y potasio y aniones: carbonatos, bicarbonato, sulfatos y cloruros y iones tóxicos específicos como boro, cloro, bicarbonato, sodio.

El conocimiento del tipo de sal presente en agua es de suma importancia, ya que permite conocer su origen, la potencialidad de causar perjuicios a los cultivos y/o al suelo, y su aptitud para riego. A partir de los parámetros químicos mencionados, puede calcularse la dureza total (DT), adsorción de sodio (RAS), porcentaje de sodio soluble (PSS) y carbonato de sodio residual (CSR) (Heredia, 2006)

De acuerdo con García (2012), el riego utilizando aguas con alto contenido de bicarbonato implica su acumulación en capas superficiales del suelo con la consecuente alcalinización y disminución de su fertilidad. Los bicarbonatos y cationes acompañantes son responsables de incrementar la alcalinidad y la dureza, esto hace imprescindible recurrir a fracciones de lavado y a enmiendas cuando las aguas son muy duras. El uso de materiales acidificantes como ácido fosfórico o el vinagre resultante de la producción de alcohol son útiles para tratar estas aguas.

En San Cristóbal, el valor promedio obtenido de resultados análisis de CE en agua es de 4,75 dS/m, el valor máximo encontrado es de 13,74 dS/m y el mínimo de 2,19 dS/m. Una problemática común de napas del territorio es el sodio, promediando análisis archivados en la agencia de INTA arroja una RAS de 27,87 y de pH de 7,4 (INTA San Cristóbal, 2025). En algunos casos la cantidad sodio y el RAS son muy altos (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de agua proveniente de una perforación de la ciudad de San Cristóbal (INTA San Cristóbal, 2025)

	Unidad	Resultado	Resultado en mEq/l
Calcio	mg/l	31,3	1,562
Magnesio	mg/l	13,8	1,136
Sodio	mg/l	1103,9	48,017
Potasio	mg/l	29,3	0,749
Carbonatos	mg/l	0	0,000
Bicarbonatos	mg/l	982,5	16,104
Cloruros	mg/l	377,5	10,648
Sulfatos	mg/l	342,3	1,782
Arsénico	mg/l	0,05	0,002
Dureza (Ca y Mg)	*Franceses	13,5	BLANDA
Nitratos	ppm	35	
RAS (Ca+Mg y Na)		41,3	RIESGOSA/DESACONSEJABLE
pH		7,6	
Sales totales	g/l	2,09	ALTA
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	2,85	ALTA
CSR	meq/l	13,4	NO APTA

4.2.1 Criterios para interpretar y clasificar el agua para riego.

El problema de salinización de los suelos se produce cuando la cantidad de sales que entran en solución del suelo exceden a la cantidad que es removida por el agua de riego en su movimiento a través del perfil del suelo, estos pueden variar en clase y magnitud dependiendo de la concentración y el tipo de sales disueltas, ya que los suelos y las plantas responden de manera distinta según el tipo de sales. Son muchas las variables que determinan la acumulación de sales en cultivos, por estas razones, se considera que los criterios a usar para clasificar el agua de riego no pueden ser rígidos y se deben basar en las condiciones propias de cada caso (García, 2012).

Sobre este inconveniente de la salinización de suelos Heredia (2006) menciona que, para evaluar la calidad del agua el principal elemento será la CE, es decir la concentración de sales totales. El riego continuo cuando se dan condiciones de evapotranspiración elevada es el que produce el riesgo de acumulación de sales en el suelo, sobre todo si a posteriori del riego, no hay lavado de sales por agua de lluvia, éstas se acumulan en el perfil, disminuyendo la cantidad de agua disponible para los cultivos al disminuir el potencial osmótico del agua del suelo.

La tabla 2, permite a través de un parámetro muy sencillo de obtener, como es la conductividad eléctrica del agua de riego, y otras tablas que determinan la sensibilidad de los cultivos a la

salinidad, estimar rendimientos. Allí se representa la disminución del rendimiento en función de la C.E. del agua de riego, la tolerancia de los cultivos a sales y el efecto de estas en la disminución del rendimiento a medida que se incrementa la salinidad. (Heredia, 2006)

Tabla 2. Sensibilidad de los cultivos a la salinidad en base a la CE del agua de riego. (Heredia, 2006)

Clase de salinidad	CE (dS/m)	Efecto sobre los cultivos
Ligeramente salinas	2 a 4	Rendimientos restringidos en cultivos sensibles a la salinidad.
Medianamente salinas	4 a 8	Rendimiento restringido en la mayor parte de los cultivos.
Fuertemente salinas	8 a 16	Solo los cultivos tolerantes pueden tener rendimientos satisfactorios.

Como se mencionó RAS es otro parámetro importante, fue propuesto para predecir un problema ocasionado por sodio en el suelo, esta relación da idea del peligro potencial debido a un exceso de Na sobre el Ca y el Mg (García, 2012). Existe un efecto negativo del sodio sobre las propiedades físicas de los suelos. Una RAS en el agua elevada puede causar una reducción severa en la permeabilidad de los suelos cuando su concentración de sales es muy baja (<0,5 dS/m), porque es corrosiva y tiende a lavar la superficie dejándola libre de minerales solubles y sales, especialmente de Ca reduciendo su influencia fuertemente estabilizadora sobre los agregados y sobre la estructura del suelo, facilitando su dispersión y la oclusión de poros más finos (García, 2012).

El cloruro de sodio es la sal que más afecta el desarrollo vegetal a nivel planetario, los iones Na y Cl en altas concentraciones en la zona radicular pueden limitar el crecimiento vegetal. La mayoría de las plantas son menos tolerantes a sales de cloruros comparadas con las de sulfato a similares niveles de CE. Las plantas pueden manifestar daños de salinidad cuando hay altas concentraciones de sodio, aunque la conductividad eléctrica no sea muy elevada (Niu et al., 2019).

La clasificación del laboratorio de salinidad de USDA (Laboratorio de Salinidad de Riverside, California), es recomendable debido a que es utilizada mundialmente y esto facilita obtener información y comparar datos con más facilidad. Este consiste en un nomograma en el cual se puede establecer la calidad del agua para riego en base a dos parámetros: concentración de sales (CE) y riesgo de alcalinización (RAS) (Figura 5).

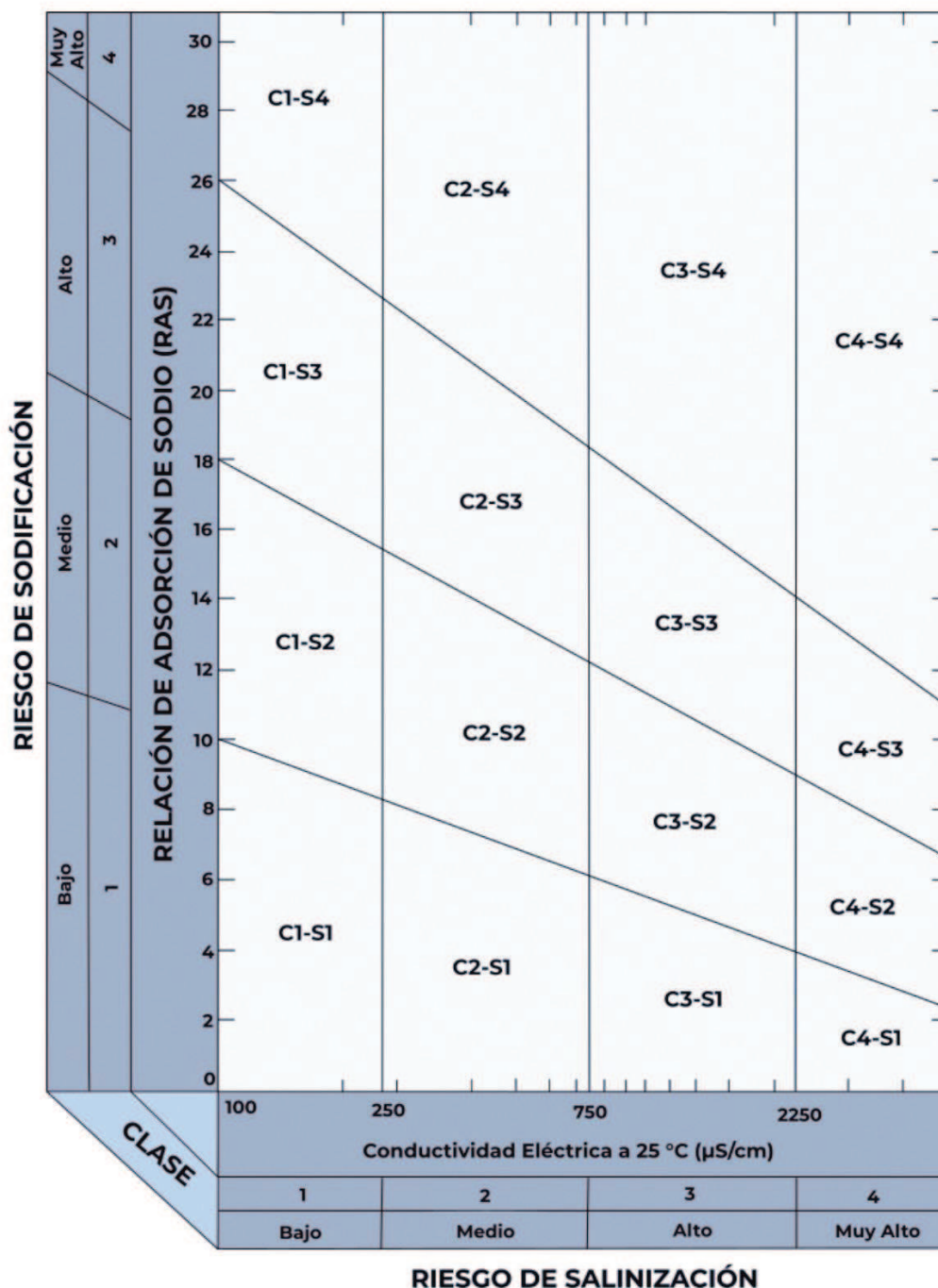


Figura 5. Nomograma de Riverside USDA (1962) (Heredia, 2006).

Heredia (2006), existe una tabla elaborada por INTA Argentina 1999 (Tabla 3), diseñada para interpretar la calidad de agua para riego, esta incorpora variables complementarias: la CIC (capacidad de intercambio catiónico), el contenido de materia orgánica y la textura del suelo, y como el método anterior tiene como variables principales CE y RAS. Como se mencionó anteriormente los suelos de San Cristóbal en su textura, son parecidos a los que están caracterizados en la fila de la tabla denominada NE Santa Fe.

Tabla 3. Tabla para evaluar la calidad de agua para riego (INTA, 1999).

Para el riesgo de sodicidad la escala de acuerdo al RAS sería la siguiente:

Zona	Calidad del agua de riego			Otras
	aceptable	dudosa	riesgosa	Características
SE Bs.As	< 15	15 - 20	> 20	6-7% MO, lámina 70-160 mm/a
N Bs. As.	< 10	10 - 15	> 15	2,5-3% MO, lámina 150-200 mm/a
NE Santa Fé	< 7	7 - 12	> 12	2% MO, limo 70%, lámina 250-300mm/a
CS de Córdoba	< 5	5 - 10	> 10	1,5-2% MO, lámina 200-350 mm/a

Como límites de calidad, según el riesgo de salinidad, se toman los siguientes rangos:

	CE (dS m ⁻¹)
Aguas seguras	< 2
Aguas dudosas	2 - 4
Aguas riesgosas	> 4

El ejemplo de análisis químico de agua presentado en (Tabla 1) se clasifica como: ligeramente salina que restringe el crecimiento de cultivos sensibles a la salinidad (Tabla 2); como agua C2-S4 de riesgo medio de salinización y muy alto riesgo de sodificación (Figura 5) y como riesgosa por su contenido de sodio y dudosa por su contenido de sales (Tabla 3). Si observamos los valores promedios de análisis de agua mencionados anteriormente (INTA San Cristóbal, 2025) podemos concluir que el agua subterránea disponible en distrito San Cristóbal tiene serias limitaciones para riego. A continuación, se harán propuestas para disminuir los efectos negativos que puede causar el agua de riego y evitar la salinización del suelo.

4.2.2 Implementar riego por goteo y regar en alta frecuencia.

Esta es una técnica eficiente que contribuye a disminuir la concentración de sales en el área radicular y evita la absorción de sodio y de cloro a través de las hojas que puede resultar en condiciones de toxicidad para todas las especies cultivadas (Allen et al., 2006).

El riego por goteo, en los suelos con baja infiltración como los de San Cristóbal, al ser de bajo caudal logra humedecer bien todo el perfil del suelo. También utiliza en forma eficiente un recurso escaso como el agua y permite regar con agua de mayor conductividad eléctrica.

Respecto al riego de alta frecuencia Heredia (2006) menciona que, mantener el suelo que tiene sales con un buen contenido hídrico es una forma de paliar los efectos negativos que las sales tienen sobre el crecimiento vegetal.

4.2.3 Recolectar agua de lluvia.

Esta práctica permite disponer de un recurso de buena calidad para regar en estadios fenológicos críticos de los cultivos (ej.: estadio de plantín, trasplante, cuajado de frutos, etc.). Otra estrategia complementaria consiste en mezclar el agua de lluvia con la subterránea hasta obtener la CE ideal para el cultivo o para lavar sales del perfil del suelo. Asimismo, existe la posibilidad de colectar agua de lluvia en represas o reservorios de tierra (Basán Nickisch et al., 2018), si bien esta técnica se usa para ganadería con algunas modificaciones puede usarse en horticultura.

4.2.4 Incorporar una lámina extra de riego.

El objetivo de esta técnica es regar para lograr el requerimiento de lixiviación, permite disminuir significativamente la CE medida en suelo y el PSI en los primeros centímetros de suelo (Muguiro et al., 2017).

4.2.5 Manejo y controles del sistema.

Teniendo en cuenta la estación del año y las precipitaciones ocurridas, atrasar o adelantar la siembra dejando barbechar canteros según convenga, facilitando que las precipitaciones laven las sales del perfil. Medir conductividad eléctrica del agua es de suma importancia para tomar decisiones. Establecer una rotación de cultivos hortícolas con especies como alfalfa o abonos verdes que tienen menos requerimientos de riego que las hortalizas y también es útil para el manejo integral de plagas y mantener la fertilidad del suelo (Lattuca et al., 2019).

4.3 Especies hortícolas tolerantes a sales.

Bajo condiciones de salinidad, el crecimiento de la planta se verá frecuentemente reducido. Sin embargo, no todas las especies responden de la misma manera a la salinidad; algunos cultivos pueden producir aceptablemente bajo niveles de salinidad mucho más altos que otros. Según Allen et al., (2006) los cultivos de hortalizas, en función de su adaptación a la salinidad pueden clasificarse en: tolerantes (T), moderadamente tolerantes (MT), moderadamente sensible (MS) y sensible (S), (Tabla 4).

Otras hortalizas de interés por su tolerancia a sales, además de las mencionadas en la tabla 4 son las siguientes: acelga (*Beta vulgaris* L.), es clasificada como una especie tolerante a sales con CE umbral de 7 dS/m y una reducción porcentual de la productividad de 5,7%; verdolaga (*Portulaca oleracea*), clasificada como moderadamente tolerante; nabo (*Brassica rapa* L.), clasificada como moderadamente tolerante; chaucha alada o caupí (*Psophocarpus tetragonolobus* L.), clasificada como moderadamente tolerante y kale (*Brassica oleracea* L.),

clasificada como moderadamente sensible pero una de las más tolerantes dentro de las hortalizas de hoja (Grieve et al., 2012).

Tolerancia a las sales de cultivos agrícolas comunes, expresada como la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo correspondiente al umbral donde la productividad del cultivo se reduce por primera vez por debajo de la productividad potencial total ($CE_{e, umbral}$), y expresada como la pendiente (b) de reducción en la productividad cuando la salinidad aumenta por encima del $CE_{e, umbral}$.

Cultivo ¹	$CE_{e, umbral}$ ² (dS m ⁻¹)	b ⁴ (% / dS m ⁻¹)	Clase ⁵
a. Hortalizas pequeñas			
Brócoli	2,8	9,2	M5
Col de Bruselas	1,8	9,7	M5
Repollo	1,0-1,8	9,8-14,0	M5
Zanahorias	1,0	14,0	S
Coliflor	1,8	6,2	M5
Aplo (Celería)	1,8-2,5	6,2-13,0	M5
Lechuga	1,3-1,7	12,0	M5
Cebolla	1,2	16,0	S
Espinaca	2,0-3,2	7,7-16,0	M5
Rábanos	1,2-2,0	7,6-13,0	M5
b. Hortalizas – Familia de la Solanáceas			
Berenjena	-	-	M5
Pimientos	1,5-1,7	12,0-14,0	M5
Tomate	0,9-2,5	9,0	M5
c. Hortalizas – Familia de las Cucurbitáceas			
Pepino	1,1-2,5	7,0-13,0	M5
Melones	-	-	M5
Calabaza de Invierno	1,2	13,0	M5
Calabacín (zucchini)	4,7	10,0	MT
Calabaza	3,2	16,0	M5
Sandía	-	-	M5
d. Raíces y Tubérculos			
Remolachas, rojas	4,0	9,0	MT
Chirivía	-	-	S
Papa o Patata	1,7	12,0	M5
Camote o Batata	1,5-2,5	10,0	M5
Nabos	0,9	9,0	M5
Remolacha Azucarera	7,0	5,9	T
e. Leguminosas (Leguminosae)			
Frijoles o Judías	1,0	19,0	S
Habas	1,5-1,6	9,6	M5
Caupis (cowpeas)	4,9	12,0	MT
Maní o cacahuete	3,2	29,0	M5
Guisantes o arveja	1,5	14,0	S
Soya	5,0	20,0	MT

¹ Estos datos son sólo guías generales – La tolerancia varía dependiendo del clima, condiciones del suelo y prácticas culturales. Los cultivos son generalmente menos tolerantes durante las etapas de germinación y formación de la semilla.

² $EC_{e, umbral}$ representa la salinidad promedio en la zona radicular, a partir de la cual comienza a reducirse la productividad del cultivo.

³ La salinidad en la zona radicular se mide como la conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo, y se expresa en deciSiemens por metro (dS m⁻¹) a 25°C.

⁴ b es la reducción porcentual de la productividad del cultivo por cada incremento de 1 dS/m por encima del $EC_{e, umbral}$

⁵ La clasificación es: T = Tolerante, MT = Moderadamente Tolerante, M5 = Moderadamente Sensitivo y S = Sensitivo




Tabla 4. Aquí se clasifican las especies de hortalizas según su tolerancia a sales. Fuente (Allen et al., 2006).

Continuando con especies de interés de las que no hay información en la Tabla 4, vemos que: Achicoria (*Cichorium intybus* L.), de acuerdo con la investigación de Sergio et al., (2012) sobre la influencia de la salinidad en la germinación de semillas y en el crecimiento de plantas, demostró que las semillas tienen una alta capacidad de germinación en condiciones salinas. Conversa et al., (2021), menciona que en el caso de escarola (*Cichorium endivia*), esta especie es más tolerante a sales que la variedad de lechuga baby-leaf. En el caso de rúcula (*Eruca sativa* L.) Al Gehani e Ismail (2016) realizaron un experimento cultivando las plantas en macetas con tres tipos de sustratos, estas se regaron diariamente con dos niveles diferentes de salinidad, agua dulce (0 mM de NaCl y otra salada de 40 mM de NaCl, los resultados indicaron que la enmienda del suelo mejora la capacidad de las plantas para resistir los efectos inhibitorios del estrés por NaCl, por lo tanto, esta mejora su tolerancia al agua salada. Por último, según Atzori et al., (2020), la espinaca rastrera o espinaca de Nueva Zelandia (*Tetragonia tetragonoides*) fue cultivada en un sistema hidropónico flotante con dos proporciones de agua de mar, 15% y 30% con CE de 9,8 y 18 dS/m respectivamente; los resultados indicaron que el crecimiento de estas plantas no se vio afectado por ninguno de los tratamientos con agua de mar utilizados, concluyendo que esta especie puede cultivarse en agricultura salina hasta un nivel de salinidad con una CE de 18 dS/m, por lo tanto, es una especie tolerante a la salinidad.

Brócoli y espinaca son más tolerantes que lechuga; kale y brócoli resultaron ligeramente más tolerantes que espinaca; pac choy (*Brassica rapa* var. *chinensis*) es significativamente más tolerantes a la salinidad que lechuga; berenjena y tomate son más tolerantes que pepino y pimiento morrón es menos tolerante a salinidad que berenjena y tomate; chile picante (*Capsicum chinense*) son más tolerantes que pimiento morrón (*Capsicum annuum*), observándose diferencias significativas, en cuanto a la tolerancia a salinidad, dentro de las variedades de la misma especie de pimiento (Niu et al., 2019).

Para ordenar la información expresada en los párrafos anteriores e incorporar especies que no están indicadas en la Tabla 4, se elaboró una tabla de tres columnas: la primera indicando el grado de resistencia a la salinidad; la segunda contiene especies recomendadas por la bibliografía con capacidad de adaptación a ambientes salinos y la tercera con información relevada localmente en INTA San Cristóbal, (2025) sobre el comportamiento de algunas especies de hortalizas a las condiciones agroecológicas locales. Se utiliza un sistema de clasificación tipo “semáforo” para estimar la probabilidad de éxito productivo de los cultivos hortícolas. El color rojo indica que los cultivos requieren mayores cuidados y condiciones climáticas muy favorables para alcanzar buenos rendimientos (Tabla 5).

Tabla 5. Comportamiento de especies hortícolas en ambientes salinos.

Grado de resistencia a la salinidad.	Especie recomendadas por la bibliografía.	Especies con buen rendimiento en San Cristóbal.
	Remolacha, acelga, espinaca rastrera, verdolaga, caupí, calabacín zucchini y achicoria.	Remolacha, acelga, espinaca rastrera y achicoria.
	Brócoli, repollo, col de brucas, escarola, rúcula, espinaca, melón, tomate, pimiento ají, kale y pac choi.	Brócoli, repollo, escarola, rúcula, lechuga, espinaca, ajo puerro, berenjena, tomate, chaucha mojarra, rabanito y pimiento ají.
	Berenjena, apio, lechuga, rabanito, pimiento morrón, coliflor y calabacín.	Coliflor, pimiento morrón, apio y calabacín.

4.4 Aspectos de manejo y otras tecnologías que mejoran la tolerancia a sales de los cultivos.

La tolerancia a la sal podría mejorarse mediante la adición de diferentes nutrientes. La adición de NO₃⁻, Ca²⁺, K, P, ácido salicílico y silicio (Si) en el medio salino o en forma foliar ha mejorado la tolerancia a la sal de numerosos cultivos de hortalizas como tomate, pimiento, berenjena, melón, frijol, fresa, etc. También la adición de sustancias húmicas al medio salino mejoró la tolerancia a la sal de diferentes cultivos y se han realizado ensayos con biofertilizantes que tienen potencial para aumentar la tolerancia a la sal de hortalizas. (Almeida Machado y Serralheiro, 2017). Según los autores, la aplicación de fertilizantes junto al riego por goteo aumenta la eficacia del uso de nutrientes.

En la revisión bibliográfica de Niu et al., (2019), mencionan aspectos de interés como los siguientes: 1) en la mayoría de los cultivos hortícolas la etapa de plantín es más sensible a la salinidad que las etapas posteriores, también la brotación y cuajado de frutos son afectadas por el stress salino; 2) la intensidad con la que las plantas se ven afectadas por salinidad depende de las condiciones ambientales, estas exhiben los daños más rápido en condiciones de calor, sequía y viento; 3) monitorear periódicamente la salinidad de la zona radicular mediante la recolección de lixiviados o el muestreo de suelo, para asegurarse que la salinidad está dentro de los límites deseables es de suma importancia.

La utilización de plantines de hortalizas injertados es una nueva tecnología relativamente reciente que ya está disponible. En nuestro país existe un portainjerto que brinda tolerancia a salinidad en tomate (Garbi et al., 2022).

5. PLAN DE ACCIÓN

Para incrementar la escala de producción de hortalizas en el territorio se proponen fundamentalmente las siguientes actividades divididas en dos etapas:

5.1 Etapas previas a la siembra.

- Se recomienda realizar análisis químico de suelo para ajustar dosis de enmiendas.
- Tareas de abonado del suelo: en un lote en el que nunca se haya realizado huerta, la recomendación es efectuar una labor mecánica con rastra de discos emparejando el terreno, incorporar estiércol bovino a razón de 30 a 40 tn/ha y realizar nuevamente una labor mecánica con el objeto de semi-incorporar al suelo la materia orgánica. Esperar un mínimo 3-4 meses para preparar la cama de siembra, teniendo en cuenta que esta se puede atrasar o adelantar según la ocurrencia de precipitaciones, ya que éstas influyen notablemente en el proceso de descomposición de la materia orgánica. Es necesario identificar sistemas ganaderos de cría para formar pilas de compostaje en lugares próximos a los sitios en los que se acumula el estiércol, como corrales de encierre temporales, manga y zonas de aguadas. En establecimientos lecheros de la zona se gestionarán los sólidos orgánicos (estiércol) depositados en el corral de espera de la sala de ordeño, siendo recogidos previo al lavado de pisos, a continuación, dispondrán lejos de la instalación de ordeño, de los animales y de las zonas de extracción de agua (Negri y Aimar, 2019). También se realizarán tareas de abonado durante el crecimiento de los cultivos.
- Construcción de un sistema de cosecha y almacenamiento de agua de lluvia:

Al momento de construir el sistema de recolección de agua de lluvia hay que tener en cuenta la infraestructura existente en el lugar, el promedio anual de precipitaciones y la distribución de las mismas. El promedio anual de la ciudad de San Cristóbal es de 1049 mm (Anexo. Figura 7), estos valores tienen una gran dispersión variando desde años muy secos como en 1962 que precipitaron 539 mm y otros excesivamente lluviosos como en 1973 con 1694 mm anuales (INTA San Cristóbal, 2025).

Para el diseño del sistema se va a utilizar como referencia el trabajo titulado “Abastecimiento de agua integral para una familia rural en el norte de Santa Fe”, (Basán Nickisch et al., 2021). Se realizará una perforación “Doble propósito” (Figura 6), es decir que extraiga agua del acuífero pero que permita que este se recargue con agua de lluvia, que puede venir del rebalse de los tanques que colectan agua o de una canalización del terreno (Basan Nickisch et al., 2017).

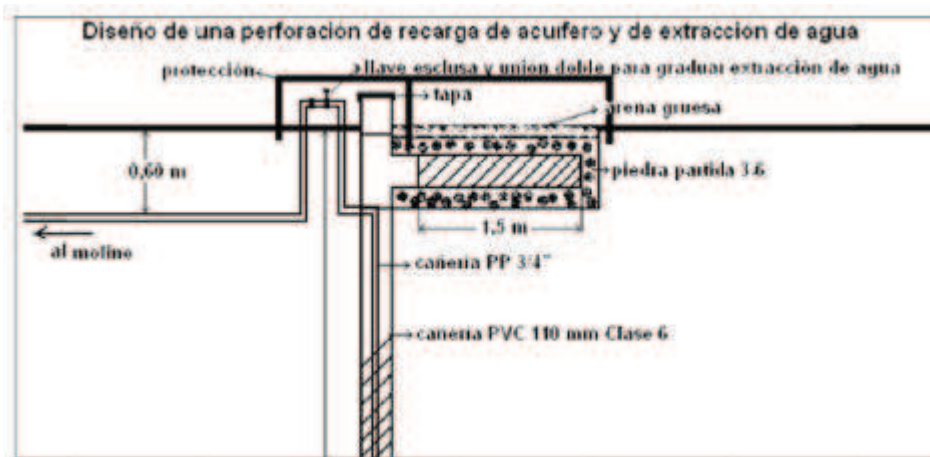


Figura 6. Diseño de perforación “doble propósito” en el Establecimiento “La Güeya” para sistema A. (Genesis M. et al.,2017).

- Instalación de equipo de riego por goteo. Se instalará un sistema de riego por goteo que se adapte a la escala del sistema productivo.

5.2 Etapa de preparación para la siembra y siembra.

- Armado de canteros o platabandas. El cantero es el lugar donde se realizarán las siembras directas o los trasplantes. El ancho de los canteros puede variar entre 1,2 m a 1,4 m con caminos principales 1m de ancho y secundarios entre 30 a 60 cm pero siempre se adaptarán según el propósito y la maquinaria con que se dispone. El largo de los canteros es según la conveniencia del horticultor.

- Siembra de cultivo comercial con hortalizas tolerantes a sales. En la primera etapa del proyecto se comenzará sembrando remolacha, acelga y achicoria, que por su tolerancia a salinidad se harán a mayor escala. Posteriormente se incorporará repollo y escarola por su tolerancia a salinidad y rúcula por haber manifestado un buen rendimiento en la zona.

- Se recomienda realizar siembras escalonadas para reducir riesgo climático y salino.

5.3 Etapa de realización de ensayos.

- Diseñar y realizar ensayo evaluando el comportamiento local de plantas injertadas de tomate tolerantes a sales y nuevas especies como kale y pac choi.

- Diseñar y realizar un ensayo con yeso agrícola.

5.4 Etapa de monitoreo y evaluación del sistema.

- Se propone realizar un seguimiento periódico de la conductividad eléctrica (CE) del suelo en la zona radicular, evaluar la evolución de la relación de adsorción de sodio (RAS) y efectuar al menos un análisis anual del agua de riego. Este monitoreo permitirá ajustar estrategias de

manejo, prevenir procesos de salinización y sodificación, y adoptar un enfoque de manejo adaptativo acorde a las condiciones agroecológicas del sistema.

5.5 Cronograma de actividades. (Tabla 6)

Tabla 6. Cronograma de actividades.

Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E1- Preparación del terreno y abonado.	X											
E1- Sistema de recolección y almacenamiento de agua de lluvia.	X	X	X									
E1-Instalar equipo de riego por goteo.				X	X							
E2-Amado de canteros y platabandas.				X	X	X	X					
E2-Siembra de hortalizas tolerantes a sales.					X	X	X	X	X	X	X	X
E3-Ensayo con plantas injertadas de tomate, kale y pac choi.										X	X	X
E3-Ensayo con yeso agrícola.											X	X
E4-Monitoreo.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

6. CONCLUSIÓN

A partir del análisis realizado, es posible afirmar que existen condiciones para desarrollar la producción local de determinadas hortalizas en el departamento San Cristóbal. Esta alternativa representa una oportunidad para fortalecer la economía regional, mejorar el acceso a alimentos frescos y reducir los costos y el impacto ambiental asociados al transporte desde otras zonas productoras.

La disponibilidad de antecedentes científicos sobre tolerancia a la salinidad en cultivos hortícolas constituye una herramienta clave para la selección de especies adaptadas a las condiciones edáficas e hídricas del territorio. En este sentido, se identifican especies que ya han mostrado buen comportamiento local y otras que, si bien no han sido difundidas en la zona, presentan potencial productivo según la bibliografía especializada.

Asimismo, se reconocen tecnologías y prácticas de manejo que podrían contribuir a mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas hortícolas, tales como el uso de injertos tolerantes a salinidad, la aplicación estratégica de nutrientes y bioinsumos, y técnicas de manejo orientadas a mitigar los efectos de la salinidad en suelos y aguas de riego.

Finalmente, el trabajo permite identificar líneas de investigación de interés para la región, entre ellas la evaluación de métodos apropiables de compostaje de estiércol bovino y su aporte como fertilizante, así como el estudio del comportamiento de enmiendas químicas en suelos con problemas de sodicidad. El desarrollo de estas líneas podría contribuir al fortalecimiento de sistemas hortícolas más resilientes, productivos y ambientalmente sustentables.

7. ANEXO

Tabla 7. Composición y características química del estiércol bovino según ASAE Estándares (2003).

Table 1 – Fresh manure production and characteristics per 1 000 kg live animal mass per day

Parameter	Units*		Animal Type ¹										
			Dairy	Beef	Veal	Swine	Sheep	Goat	Horse	Layer	Broiler	Turkey	Duck
Total manure ²	kg	mean ³	66	58	62	84	40	41	51	64	66	47	110
		std. deviation	17	17	24	24	11	6.6	7.2	19	13	13	**
Urine	kg	mean	26	18	**	39	15	**	10	**	**	**	**
		std. deviation	4.3	4.2	**	4.8	3.6	**	0.74	**	**	**	**
Density	kg/m ³	mean	990	1 000	1 000	990	1 000	1 000	1 000	970	1 000	1 000	**
		std. deviation	63	75	**	24	64	**	93	39	**	**	**
Total solids	kg	mean	12	8.6	5.2	11	11	13	15	16	22	12	31
		std. deviation	2.7	2.6	2.1	6.3	3.5	1.0	4.4	4.3	1.4	3.4	15
Volatile solids	kg	mean	10	7.2	2.3	8.6	9.2	**	10	12	17	9.1	19
		std. deviation	0.79	0.57	**	0.66	0.31	**	3.7	0.84	1.2	1.3	**
Biochemical oxygen demand, 5-day	kg	mean	1.6	1.6	1.7	3.1	1.2	**	1.7	3.3	**	2.1	4.6
		std. deviation	0.48	0.76	**	0.72	0.47	**	0.23	0.91	**	0.46	**
Chemical oxygen demand	kg	mean	11	7.8	5.3	8.4	11	**	**	11	16	9.3	27
		std. deviation	2.4	2.7	**	3.7	2.5	**	**	2.7	1.8	1.2	**
pH		mean	7.0	7.0	6.1	7.6	**	**	7.2	6.9	**	**	**
		std. deviation	0.45	0.34	**	0.57	**	**	**	0.56	**	**	**
Total Kjeldahl nitrogen ⁴	kg	mean	0.45	0.34	0.27	0.52	0.42	0.45	0.30	0.64	1.1	0.62	1.6
		std. deviation	0.096	0.073	0.045	0.21	0.11	0.12	0.063	0.22	0.24	0.13	0.54
Ammonia nitrogen	kg	mean	0.079	0.086	0.12	0.29	**	**	**	0.21	**	0.080	**
		std. deviation	0.063	0.052	0.016	0.10	**	**	**	0.18	**	0.018	**
Total phosphorus	kg	mean	0.094	0.092	0.086	0.18	0.087	0.11	0.071	0.30	0.30	0.23	0.54
		std. deviation	0.024	0.027	0.011	0.10	0.030	0.016	0.026	0.081	0.063	0.093	0.21
Orthophosphorus	kg	mean	0.061	0.030	**	0.12	0.052	**	0.019	0.082	**	**	0.25
		std. deviation	0.005 6	**	**	**	0.014	**	0.007 1	0.016	**	**	**
Potassium	kg	mean	0.29	0.21	0.26	0.29	0.32	0.31	0.26	0.30	0.40	0.24	0.71
		std. deviation	0.094	0.061	0.10	0.16	0.11	0.14	0.091	0.072	0.064	0.080	0.34
Calcium	kg	mean	0.16	0.14	0.099	0.33	0.26	**	0.29	1.3	0.41	0.63	**
		std. deviation	0.069	0.11	0.049	0.18	0.15	**	0.11	0.57	**	0.34	**
Magnesium	kg	mean	0.071	0.049	0.033	0.070	0.072	**	0.057	0.14	0.15	0.073	**
		std. deviation	0.016	0.015	0.023	0.035	0.047	**	0.016	0.042	**	0.007 1	**
Sulfur	kg	mean	0.081	0.045	**	0.076	0.065	**	0.044	0.14	0.086	**	**
		std. deviation	0.010	0.005 2	**	0.040	0.043	**	0.022	0.066	**	**	**
Sodium	kg	mean	0.052	0.030	0.086	0.067	0.076	**	0.036	0.10	0.15	0.066	**
		std. deviation	0.026	0.023	0.063	0.052	0.027	**	**	0.061	**	0.012	**
Chlorine	kg	mean	0.13	**	**	0.26	0.089	**	**	0.56	**	**	**
		std. deviation	0.039	**	**	0.052	**	**	**	0.44	**	**	**
Iron	g	mean	12	7.6	0.33	16	6.1	**	16	60	**	75	**
		std. deviation	6.6	5.9	**	9.7	3.2	**	6.1	49	**	26	**
Manganese	g	mean	1.9	1.2	**	1.9	1.4	**	2.6	6.1	**	2.4	**
		std. deviation	0.75	0.61	**	0.74	1.5	**	2.1	2.2	**	0.33	**

Continuación Tabla 7. ASAE Estándares (2003).

Table 1 – Fresh manure production and characteristics per 1 000 kg live animal mass per day (continued)

Parameter	Units*		Animal Type [†]										
			Dairy	Beef	Veal	Swine	Sheep	Goat	Horse	Layer	Broiler	Turkey	Duck
Boron	g	mean	0.71	0.88	**	3.1	0.61	**	1.2	1.8	**	**	**
		std. deviation	0.35	0.064	**	0.95	0.30	**	0.48	1.7	**	**	**
Molybdenum	g	mean	0.074	0.042	**	0.028	0.25	**	0.083	0.30	**	**	**
		std. deviation	0.012	**	**	0.030	0.38	**	0.033	0.057	**	**	**
Zinc	g	mean	1.8	1.1	13	5.0	1.6	**	2.2	19	3.6	15	**
		std. deviation	0.65	0.43	**	2.5	1.0	**	2.1	33	**	12	**
Copper	g	mean	0.45	0.31	0.048	1.2	0.22	**	0.53	0.83	0.98	0.71	**
		std. deviation	0.14	0.12	**	0.84	0.066	**	0.39	0.84	**	0.10	**
Cadmium	g	mean	0.003 0	**	**	0.027	0.007 2	**	0.005 1	0.038	**	**	**
		std. deviation	**	**	**	0.028	**	**	**	0.032	**	**	**
Nickel	g	mean	0.28	**	**	**	**	**	0.62	0.25	**	**	**
		std. deviation	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Lead	g	mean	**	**	**	0.084	0.084	**	**	0.74	**	**	**
		std. deviation	**	**	**	0.012	**	**	**	**	**	**	**
Total coliform bacteria	colonies [‡]	mean	1 100	63	**	45	20	**	490	110	**	**	**
		std. deviation	2 800	59	**	33	26	**	490	100	**	**	**
Fecal coliform bacteria	colonies	mean	16	28	**	18	45	**	0.092	7.5	**	1.4	180
		std. deviation	28	27	**	12	27	**	0.029	2.0	**	**	180
Fecal streptococcus bacteria	colonies	mean	92	31	**	530	62	**	58	16	**	**	590
		std. deviation	140	45	**	290	73	**	59	7.2	**	**	**

* All values wet basis.

[†]Differences within species according to usage exist, but sufficient fresh manure data to list these differences was not found. Typical live animal masses for which manure values represent are: dairy, 640 kg; beef, 360 kg; veal, 91 kg; swine, 61 kg; sheep, 27 kg; goat, 64 kg; horse, 450 kg; layer, 1.8 kg; broiler, 0.9 kg; turkey, 6.8 kg; and duck, 1.4 kg.

[‡]Feces and urine as voided.

[§]Parameter means within each animal species are comprised of varying populations of data. Maximum numbers of data points for each species are: dairy, 85; beef, 50; veal, 5; swine, 58; sheep, 39; goat, 3; horse, 31; layer, 74; broiler, 14; turkey, 18; and duck, 8.

^{||}All nutrients and metals values are given in elemental form.

[¶]Mean bacteria colonies per 1 000 kg animal mass multiplied by 10¹³. Colonies per 1 000 kg animal mass divided by kg total manure per 1 000 kg animal mass multiplied by density kg/m³ equals colonies per m³ of manure.

**Data not found.

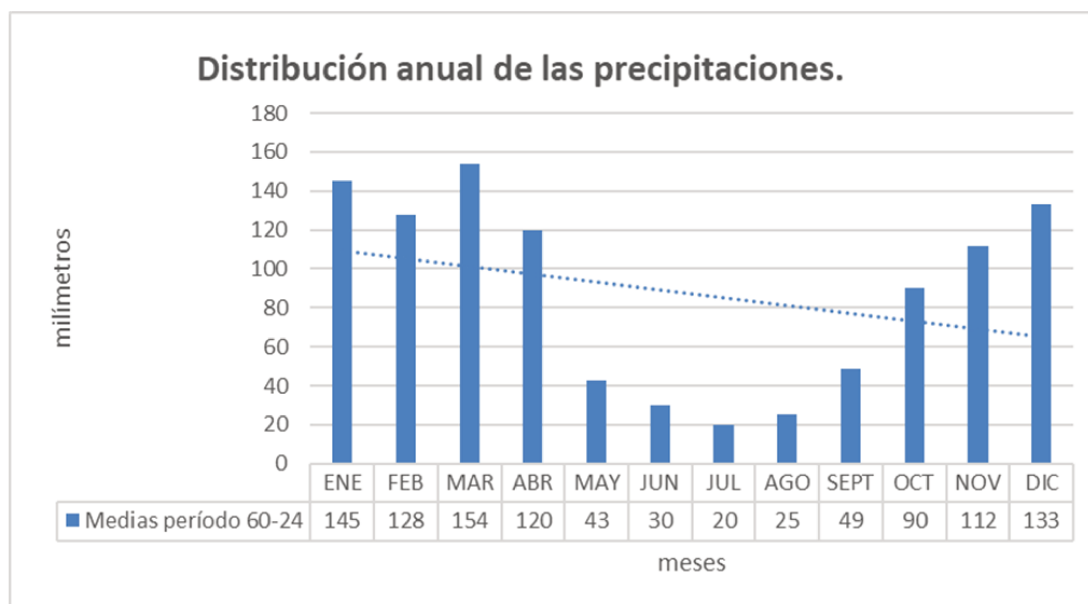


Figura 7. Promedio histórico de precipitaciones para la localidad de San Cristóbal (INTA San Cristóbal, 2025).

8. BIBLIOGRAFÍA

Almeida Machado, R.M. & Serralheiro, R.P. (2017). Review. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization. *Horticulturae* 3(2):30; doi:10.3390/horticulturae3020030. Disponible en www.mdpi.com/journal/horticulturae

Al Gehani, I. & Ismail, T. (2016). Effect of soil amendment on growth and physiological processes of rocket (*Eruca sativa* L.) grown under salinity conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(1):15-20. Disponible en www.ajbasweb.com

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de requerimientos de agua de los cultivos. Riego y drenaje 56. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Roma. ISSN 0254-5293. ISBN 92-5-304219-2. Capítulo 8: ET_c bajo condiciones de estrés hídrico; págs. 174-178.

American Society Of Agricultural Engineers. (2003). ASAE Standards: D384. 1 FEB03. Manure Production and Characteristics.

Atzori, G., Nissim, W., Macchiavelli, T., Vita, A.F., Azzarello, E., Pandolfi, C., Mais, E. & Mancuso, S. (2020). Tetragonia tetragonoides (Pallas) Kuntz, as promising salt-tolerant crop in a saline agricultural context. *Department of Agriculture, Food, Environment and Forestry (DAGRI), University of Florene, Piazzale delle Cascine 18, 50144 Florence, Italy*. Downloaded from: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106261>

Basán Nickisch, M., Lahitte, A., Sosa, D., Sánchez, L. & Tosolini, R. (2017). Aguadas para ganadería bovina en los bajos submeridionales y áreas de influencia. *Revista FAVE – Ciencias Agrarias* 16 (1) 2017.

Basán Nickisch, M., Sánchez, L., Monzón, L., Mieres, L., Tosolini, R. & Cammisi, N. (2018). Aguada para ganadería en Bajos Submeridionales. *Voces y Ecos* N° 40. Downloaded from: [repositorio INTA https://repositorio.inta.gov.ar/](https://repositorio.inta.gov.ar/)

Basán Nickisch, M., Parodi, M.I., Sánchez, L. & Monzón, L. (2021). Abastecimiento de agua integral para una familia rural en el norte de Santa Fe. *Voces y Ecos* N° 44. Downloaded from: [repositorio INTA https://repositorio.inta.gov.ar/](https://repositorio.inta.gov.ar/)

Chadwick, D.R., John, F, Pain, B.F., Chambers, B.J. & Williams, J. (2000). Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *The Journal of Agricultural Science*, 134(2):159-168. Downloaded from: <https://doi.org/10.1017/S0021859699007510>

Comisión de cultivos intensivos. (2015). Buenas Prácticas Agrícolas: Directivas y requisitos para cultivos intensivos. Disponible en www.redbpa.org.ar

Conversa, G., Bonasia, A., Lazzizzera, C., La Rotonda, P. & Elia, A. (2021). Reduction of nitrate content in baby-leaf lettuce and Chichorium endivia through the soilless cultivation system, electrical conductivity and management of nutrient solution. *Frontiers in Plant Science* 12: 645671. doi:10.3389

Garbi, M., Martínez, S. & Puerta, S. (2022). Hortalizas injertadas: una alternativa que contribuye a la producción sustentable. *Ediciones INTA*. Disponible en: <http://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/14840>

García, A. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. *IAH*, 7:27-36.

Genesio, M., Lahitte, A. & Basán Nickisch, M. (2017). Diseño de perforación “doble propósito” en el Establecimiento “La Güeya” para sistema A.

Giorgi, R., Tosolini, R., Sapino, V. & León, C. (2000). Agrupamiento por aptitud agropecuaria de las tierras de la provincia de Santa Fe (GAT). Versión 6 – marzo 2000 (sujeta a ajustes).

Grive, C.M., Grattan, S.R. & Maas, E.V. (2012). Plant salt tolerance. In: W.W. Wallender and K.K. Tanji (eds.) *ASCE Manual and Reports on Engineering Practice No. 71 Agricultural Salinity Assessment and Management (2nd Edition)*. ASCE, Reston, VA. Chapter 13 pp: 405-459. Downloaded from: www.ascelibrary.org

Guerra, S. (2024). Utilización de mulching orgánico para reducir el laboreo en el manejo de malezas del cinturón verde de Santa Fe. Trabajo final integrador. Posgrado de Cultivos Intensivos. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Esperanza. Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/7635>

Henríquez Henríquez, S. (2014). Efecto de acolchados sobre propiedades físicas de un suelo de la sabana de Bogotá y su relación con el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis de posgrado. Facultad de Agronomía-Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bistream/handle/unal/52257/07790783.2014.pdf?sequence=1>

Heredia, O.S. (2006). El agua de riego: Criterios de Interpretación. Efectos sobre el suelo y la producción.

INTA. (1999). Recomendaciones para la utilización de aguas para riego en función de su calidad, síntesis de los trabajos realizados en las unidades del INTA-IPG. Impacto Ambiental del riego complementario, Seminario de Capacitación, Pergamino, 87 pp.

INTA Digital Geo. Suelos de Santa Fe. Capacidad productiva de las tierras para uso agrícola del Departamento San Cristóbal y taxonomía de suelos cercanos a la ciudad de San Cristóbal. [consultado 7 de abril de 2025]. Disponible en: <http://www.geo-nodo10.inta.gob.ar>

INTA San Cristóbal. (2025). Agencia de Extensión Rural San Cristóbal. Registros locales de experiencias productivas, datos meteorológicos y analíticos sobre suelos y calidad de agua subterránea.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). República Argentina. Censo Nacional de Población, hogares y viviendas. Disponible en: <https://censo.gob.ar/>

Lattuca, A., Mariatti, A., Cerilli, C. & Rapallo, L. (2019). Guía Básica para la planificación y Manejo Agroecológico de Cultivos. Disponible en http://www.insitu.org.ar/PDF/Guia_Manejo_Agroecologico.pdf

Lavado, R. & Taleisnik, E. (2008). Visión sintética de la distribución y magnitud de los suelos afectados por salinidad en la Argentina. La salinización de los suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. EDUCC (Editorial Universidad Católica de Córdoba).

Li, L.L & Li, S.T. (2014). Nitrogen Mineralization from Animal Manures and Its Relation to Organic N Fractions. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(9): 2040-2048. doi: 10.1016/S2095-3119(14)60769-3.

López Fernández, S., Serrato Cuervas, R., Castelán Ortega, O.A. & Avilés Nova, F. (2018). Comparación entre dos métodos de ventilación en la composición química de compost de estiércoles pecuarios. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34(2): 263-271. doi: 10.20937/RICA.2018.34.02.07

Micheloud, N. (2022). Nutrición Mineral. El análisis de los tejidos vegetales. Clase del curso de nutrición mineral de cultivos intensivos. Maestría y especialización en cultivos intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias.

Mosconi, F., Priano, L., Hein, N., Moscatelli, G., Salazar, J., Gutierrez, T. & Caceres, L. (1981). Mapa de suelos de la provincia de Santa Fe. *Ediciones INTA y MAG*. Págs. 181-183.

Muguiro, A., Álvarez, C., Babinec, F. & Marano, R. (2017). Rehabilitación de suelos hortícolas: impacto de prácticas agrícolas con uso de yeso y drenaje. *Revista FAVE. Sección Ciencias Agrarias*, 16(2): 69-90.

Negri, L.M. & Aimar, M.V. (2019). Guía de buenas prácticas para establecimientos lecheros. Material de referencia de la Red de BPA. *INTA Ediciones*. ISBN 978-987-521-991-5 (digital).

Niu, G., Davis, T.D. & Masabni, J. (2019). A review of salinity tolerance research in horticultural crops. *Journal of Arid Land Studies*. Disponible en: https://doi.org/10.14976/jals.29.2_53

Nuñez Espinoza, J.P., Morales Antonio, P.Y. & Ramírez Najera, S.M. (2024). Aproximación a la construcción social del principio agroecológico en América Latina. *Biblioteca Digital de Periódicos BDP-UFPR*, 64: 92-16. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v64i0.91288>

Paredes Peralta, A.V. & Guzmán Brito, Z.R. (2024). Revisión bibliográfica del efecto de la adición de estiércol bovino en la producción agrícola. *Conciencia Digital*, 7(4): 87-102. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i4.3236>

Sergio, L., De Paola, S. & Cantore, V. (2012). Efecto del estrés salino sobre los parámetros de crecimiento, el Sistema antioxidante enzimático y la peroxidación lipídica en achicoria silvestre (*Cichorium intybus* L.). *Acta Physiologiae Plantarum* 34: 2349-2358. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1038-3>

Shrivastava, P. & Kumar, R. (2014). Review. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences* (2015) 22: 123-131. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/jsjbs.2014.12.001>