

Volumen 4, Número 12 – Julio – Diciembre – 2020

ISSN 2523-2428

Revista de Ingeniería Civil

ECORFAN®

ECORFAN-Perú

Editor en Jefe

JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Ingeniería Civil, Volumen 4, Número 12, de Julio a Diciembre, 2020, es una revista editada semestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.-Santa Ana, CuscoPerú. Postcode: 11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD. ISSN: 2523-2428. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre, 2020.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Revista de Ingeniería Civil

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de construcción de puentes, desarrollo de la ingeniería ambiental, gestión en construcción de viviendas, infraestructura hidráulicas, mecánica de suelos, ingeniería sanitaria, infraestructura vial.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902 su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Ingeniería Civil es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de construcción de puentes, desarrollo de la ingeniería ambiental, gestión en construcción de viviendas, infraestructura hidráulicas, mecánica de suelos, ingeniería sanitaria, infraestructura vial con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

HERRERA - DIAZ, Israel Enrique. PhD
Center of Research in Mathematics

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

DE LA ROSA - VARGAS, José Ismael. PhD
Universidad París XI

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

LÓPEZ - LÓPEZ, Aurelio. PhD
Syracuse University

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

Comité Arbitral

GALAVIZ - RODRÍGUEZ, José Víctor. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MORALES - IBARRA, Rodolfo. PhD
Universidad Autónoma de Nuevo Leon

ROMO - GONZALEZ, Ana Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

MORILLÓN - GÁLVEZ, David. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

ALONSO - CALPEÑO, Mariela J. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Atlixco

ENCISO - CONTRERAS, Ernesto. PhD
Instituto Politécnico Nacional

SERRANO - ARRELLANO, Juan. PhD
Universidad de Guanajuato

NÚÑEZ - GONZÁLEZ, Gerardo. PhD
Universidad Autónoma de Querétaro

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD
Universidad Autónoma del Estado de México

VERA - SERNA, Pedro. PhD
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Civil emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandará a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de América-Europa-Asia-África y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de construcción de puentes, desarrollo de la ingeniería ambiental, gestión en construcción de viviendas, infraestructuras hidráulicas, mecánica de suelos, ingeniería sanitaria, infraestructura vial y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato ($Ca (SO_4)1/2H_2O$) en la comunidad de Yotala*, por FLORES, Eddy, FLORES, Juan y TÓRREZ, Jorge, con adscripción en la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, como siguiente artículo presentamos, *Optimización del recurso hídrico, con cultivo ecológico de especies hortícolas, en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo modelo “Anillar Moshé”, bajo una estructura de caballete*, por CALDERÓN, Moisés, con adscripción en la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, como siguiente artículo presentamos, *Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas*, por FLORES, Víctor, ROJAS, Jesús, TORRES, Rodrigo, VALLEJOS, Rolando, FLORES, Paola y FLORES, Mariana, con adscripción en la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, como último artículo presentamos, *Mezclas asfálticas con materiales reciclados de construcción y demolición para la reparación de pavimentos*, por TÓRRES, Rodrigo, FLORES, Paola, FLORES, Mariana, FLORES, Víctor y MAIRON, Kevin, con adscripción en la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.

Contenido

Artículo	Página
Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato (Ca (SO₄)1/2H₂O) en la comunidad de Yotala FLORES, Eddy, FLORES, Juan y TÓRREZ, Jorge <i>Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca</i>	1-18
Optimización del recurso hídrico, con cultivo ecológico de especies hortícolas, en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo modelo “Anillar Moshé”, bajo una estructura de caballete CALDERÓN, Moisés <i>Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca</i>	19-43
Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas FLORES, Víctor, ROJAS, Jesús, TORRES, Rodrigo, VALLEJOS, Rolando, FLORES, Paola y FLORES, Mariana <i>Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca</i>	44-49
Mezclas asfálticas con materiales reciclados de construcción y demolición para la reparación de pavimentos TÓRRES, Rodrigo, FLORES, Paola, FLORES, Mariana, FLORES, Víctor y MAIRON, Kevin <i>Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca</i>	50-55

Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato (Ca (SO₄)1/2H₂O) en la comunidad de Yotala**Recovery of saline soils with the incorporation of calcium sulfate hemidrate (Ca (SO₄)1/2H₂O) in the community of Yotala**

FLORES, Eddy†*, FLORES, Juan y TÓRREZ, Jorge

ID 1^{er} Autor: *Eddy, Flores*ID 1^{er} Coautor: *Juan, Flores*ID 2^{do} Coautor: *Jorge, Tórrez*

DOI: 10.35429/JCE.2020.12.4.1.18

Recibido 10 de Julio, 2020; Aceptado 30 de Diciembre, 2020

Resumen

El estudio se realizó en la localidad de Yotala Provincia Oropeza del departamento de Chuquisaca, Habiendo obtenido las respuestas de cada unidad experimental, se alcanzó los objetivos propuestos de la investigación. Mediante la interpretación de los análisis de agua pudimos clasificar el agua de riego, de Yotala, como agua de salinidad media (C2) la cual puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales. También decir que el agua de riego es un agua baja en sodio (S1) la cual puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio. Al obtenerse un pH de 7.5 podemos decir que nuestra muestra un carácter ligeramente básico, aunque en base a los valores de referencia (6,0-9,0) se encuentra en el rango común de aguas para riego. Al haberse realizado la interpretación del agua, podemos decir que el agua de riego utilizada en Yotala es óptima para el riego y que no es causante de la acumulación de sales solubles en el suelo.

Agua de salinidad médica, Sales solubles**Abstract**

The study was conducted in the town of Yotala Province Oropeza Chuquisaca department, having obtained the responses of each experimental unit, the proposed objectives of the research are reached. By interpreting water analyzes we could classify the irrigation water Yotala as average salinity water (C2) which can be used provided there is a moderate degree of washing. In almost all cases, and without requiring special control practices salinity may occur moderately salt tolerant plants. Also say that the irrigation water is a low sodium water (S1) which can be used for irrigation on most soils with little likelihood of dangerous levels of exchangeable sodium. However, sensitive crops such as certain fruits and avocados, can accumulate harmful amounts of sodium. At a pH of 7.5 obtained we can say that our sample a slightly basic information, based on the reference values (6.0-9.0) is in the common range of water for irrigation. In the interpretation of water have been made, we can say that the irrigation water used in Yotala is optimal for irrigation and is not causing the accumulation of soluble salts in the soil.

Medical salinity water, Soluble salts

Citación: FLORES, Eddy, FLORES, Juan y TÓRREZ, Jorge. Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato (Ca (SO₄)1/2H₂O) en la comunidad de Yotala. Revista de Ingeniería Civil. 2020. 4-12:1-18.

* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: flomimiguel@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Con el transcurso del tiempo las áreas específicamente agrícolas de toda la región andina, en lo que respecta a la naturaleza del suelo, están siendo afectadas en su capacidad productiva por la acumulación de sales solubles; provocadas en parte por el mal uso y manejo inadecuado de las tierras; en la actualidad se observa que está siendo ocasionado por la contaminación de aguas y cambios bruscos del clima.

El problema de salinidad se presenta con más frecuencia en las regiones áridas y semiáridas, debido a la escasez de precipitaciones y elevada evapo-transpiración, lo que tiende a que con facilidad se acumulen las sales en la parte superficial de los suelos manifestándose con la presencia de costras blancas.

La naturaleza es tan amplia que no se la puede controlar para reducir las afloraciones de sales en medio el ambiente.

En Bolivia la salinidad afecta al altiplano boliviano y los valles (Chuquisaca, Cochabamba). Cuya incidencia es más frecuente en las zonas de bajo riego y drenajes deficientes, como en el departamento de Chuquisaca.

En nuestro medio existen enormes extensiones de cabeceras de valle con potencialidad de productividad agrícola; pero debido a la afloración de sales no se puede aprovechar al máximo el uso de estas tierras por que las sales son un factor limitante.

Debido a que la población se incrementa anualmente y se reduce considerablemente el abastecimiento de alimentos a tal punto que año tras año, se viene produciendo con una paulatina disminución regional por la degradación productiva de suelos agrícolas en particular en nuestro país.

Para mejorar la capacidad productiva de suelos salinos, se requiere tomar precauciones en el manejo o uso de tierras para elevar la calidad y cantidad de los productos; por otro lado, Richards (1980) ha sugerido ciertos factores arbitrarios relativos de salinidad, como la selección de cultivos tolerantes a la salinidad y suelos sódicos.

Para mejorar los suelos salinos Milton, (1998) ha realizado un estudio sobre este tipo de suelos para controlar la afloración de sales utilizando tratamientos de sulfato de calcio hemi-hidrato (Yeso cocido), al finalizar aplicó el lavado para lixiviar los cationes como Ca, Mg, Na, K, etc. Entre los que se encuentran los amoniacos; el autor indica que la reducción fue del 41.2% de conductividad eléctrica (CE) con la aplicación de 1 tn/ha de sulfato de calcio, de igual manera ha disminuido con la aplicación de 1mmho/cm por cada 0.30 mm de la lámina de agua adicionada.

Para recuperar los suelos salinos en este estudio se basó en el uso directo de cuatro niveles de sulfato de calcio hemi-hidrato o yeso agrícola con disposición de métodos que permitían medir la resolución de afloración de sales.

Antecedentes

En Bolivia la salinidad afecta a los altiplanos, como ser, en los departamentos de Oruro, Potosí, La Paz y en los valles como ser Chuquisaca, Cochabamba y Tarija, Con cuya frecuencia se presenta en las regiones de bajo riego y drenaje deficiente, principalmente como en la comunidad de Yotala y Sucre. Por otro lado se señala que las cabeceras de valles son de potencialidad de producción agrícola, por las características climáticas que son favorables. Sin embargo, por la a floración de suelos salinos que afectan la capacidad de fertilidad de suelos no son aprovechados al máximo en las regiones afectadas. También se puede mencionar que la población se incrementa anualmente y se reduce considerablemente el rendimiento de los productos agrícolas por el factor de sales.

El problema de la salinidad se presenta con más frecuencia, en las regiones áridas y semi- áridas debido a escasez de precipitaciones y elevada evapo-transpiración, de la misma manera uno de los factores que afecta la capacidad productiva de suelos es el mal manejo de las labores agrícolas en proceso de producción lo cual conlleva a la degradación de la capacidad productiva de suelos, y baja obtención de rendimiento en la producción agrícola en diversas regiones que están afectadas por este problema.

Por todo lo mencionado, en el presente trabajo de investigación se plantea realizar un estudio preliminar en la comunidad de Yotala, utilizando como tratamiento sulfato de calcio hemi- hidrato $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ con diferentes niveles por hectárea. Con el fin de contribuir a la sociedad y poder resolver el problema de la salinidad en suelos agrícolas.

Planteamiento del problema

En la comunidad de Yotala se presenta con frecuencia la salinidad en los terrenos en los cuales se presenta bajo riego, el cual es un factor negativo para los productores agrícolas, ya que cada año que va transcurriendo el rendimiento de los productos agrícolas se reduce. Frente a esta situación, no se cuenta con investigación suficiente sobre la salinidad de suelos agrícolas para poder resolver el problema que afecta a toda Bolivia.

Importancia o justificación

Para mejorar la capacidad productiva de suelos salinos en nuestro medio, se requiere tomar precauciones en el manejo de labores agrícolas para reducir la aceleración de la salinidad de suelos y realizar investigaciones sobre la salinidad; mediante los cuales se pueda mantener el rendimiento o elevar la calidad y cantidad de los productos agrícolas. A través de esta investigación se puede brindar capacitación e información a los productores agrícolas, principalmente a los pequeños productores que son de bajo recursos económicos, y así mismo reducir la aceleración de la inseguridad alimentaria que se presenta en nuestro medio y a nivel mundial.

A continuación, se respaldan dichas investigaciones:

Para mejorar los suelos salinos Milton, (1998) ha realizado un estudio sobre este tipo de suelos para controlar la a floración de sales utilizando tratamientos de sulfato de calcio hemi-hidrato (yeso cocido), al finalizar aplicó el lavado para lixiviar los cationes como Ca, Mg, Na, K etc. Entre los que se encuentran los amoniacos; el autor indica que la reducción fue 41.2% de conductividad eléctrica (CE) con la aplicación de 1 tn/ha de sulfato de calcio, de igual manera, con la aplicación del tratamiento, ha disminuido 1mmho/cm por cada 0.30 mm de la lámina de agua adicionada.

El presente trabajo de investigación toma en consideración todos los aspectos mencionados, por esta razón se plantea realizar un estudio preliminar en la comunidad de Yotala y principalmente en la comunidad agrícola del mismo, utilizando como tratamiento sulfato de calcio hemi-hidrato, $\text{Ca}(\text{SO}_4)1/2\text{H}_2\text{O}$, para tener información básica y necesaria para orientar en futuros trabajos enmarcados en este rubro.

Para recuperar los suelos salinos en este estudio se basará en el uso de sulfato de calcio hemi-hidrato, $\text{Ca}(\text{SO}_4)1/2\text{H}_2\text{O}$, en cuatro niveles con disposición de un método que permita medir la resolución de afloración de sales.

La presente investigación en la cual se pretende utilizar un tratamiento con sulfato de calcio hemi-hidrato, el cual es muy comercial y tiene un precio económicamente accesible en un 95% a comparación de uso de los fertilizantes químicos. Esto es favorable para los pequeños productores en nuestro medio.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Determinar el grado de recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemi-hidrato en la comunidad de Yotala.

Objetivos específicos

- Realizar e interpretar un análisis de agua y de suelos antes de la aplicación del mejorador, para identificar el valor inicial de las variables que intervienen en el proceso de mejoramiento, tales como pH, conductividad eléctrica, cantidad de sales disueltas, etc.
- Aplicar el mejorador al terreno en tres cantidades diferentes, dejando testigos para comparar los efectos causados por el mejorador.
- Mediante la interpretación de un análisis de suelos determinar los efectos de dosis de sulfato de calcio hemi-hidrato de acuerdo con el nivel de reducción tanto de sales solubles en suelos salinos como del pH del suelo.

Hipótesis

La aplicación de diferentes dosis de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a suelos salinos tiene efecto en la recuperación de su capacidad productiva.

En los suelos salinos su capacidad productiva se mejora con la incorporación de sulfato de calcio hemi-hidrato, por el efecto de la enmienda se incrementará el rendimiento agrícola.

Operación de variables

Nuestras variables serán:

- Cantidad de yeso utilizado para el tratamiento. De esta variable dependerá el grado de recuperación de suelos salinos y sódicos.
- pH. De esta variable dependerá la clasificación del suelo como ácido o básico/alcalino.
- Agua de riego. Esta variable nos permitirá saber si la acumulación de sales solubles es causada por el agua de riego.
- Producción de cultivos. Con esta variable podremos determinar el grado de mejoramiento de los suelos. A saber, se obtendrá un mayor diámetro de tallo, mayor tamaño y producción de cultivos.

Materiales y metodología

En la presente investigación se utilizará, el método experimental para obtener resultados químicos de suelos, para ello se describe a continuación:

Descripción del área del estudio

Ubicación

En la comunidad de Yotala se encuentra al noroeste del departamento de Chuquisaca a 16 Kilómetros de la ciudad de Sucre, capital del departamento. Limita al norte con el municipio de Sucre, al este con la provincia de Yamparaez y al suroeste con el departamento de Potosí. El municipio se encuentra en la primera sección municipal de la provincia Oropeza.

Con las respectivas coordenadas geográficas $19^{\circ}9'45''\text{S}$ $65^{\circ}15'55''\text{W}$. a una altura de 2.254 metros, max: 2.867 m.s.n.m.

Es una localidad de paso, puesto que se encuentra a pocos metros de la carretera interdepartamental que comunica las ciudades de Sucre y Potosí.

Clima

La zona de estudio se considera como cabecera de valle, porque clima varía entre 8°C a 25°C , con una humedad relativa 77%; velocidad del viento 9.66 km/h, con precipitaciones aproximadas de 60 a 1200 mm por año.

Suelos

Los suelos de la región se caracterizan con la presencia de suelo con considerable salinidad, con una textura de arcillo-limosa, con una permeabilidad baja, en época de invierno las tierras laborales se observan con cubiertas de sales con costras blancas en la superficie, por la presencia de sales solubles como Ca, Mg, K y Na en menos cantidad de sulfatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. Con un pH que se presume entre 7.8. a 8.9 (Ácido).

Materiales

En la presente de investigación se utilizará material de campo agrícola y flexo, balanza, cámara fotográfica, GPS, maderas o venetas para letreros de las parcelas, pintura, bolsas nilón, y materiales de escritorio. (papel bond tamaño carta y oficio, marcadores, sobres manillas, etc.)

Material de tratamiento

En el presente trabajo de investigación se utilizará como material de tratamiento de suelos salinos sulfato de calcio hemi-hidrato, es un elemento que reduce las sales solubles y mediante el cual se lograra mejorar la capacidad productiva de suelos y mejorar la fertilidad.

Metodología

Diagnóstico de la comunidad de Yotala

Para la presente de investigación se realizará un diagnóstico en la zona de estudio o la comunidad para verificar las sales solubles en las parcelas cultivables de la misma manera se realizarán entrevistas a los pequeños productores en la zona para obtener información concreta. Según se sabe cada año que va pasando los suelos producen con menor rendimiento agrícola, alto porcentaje de ataque de plagas a las plantas y la textura de suelos se vuelve arcillosa, a causa de la salinidad. De la misma manera por el uso de fertilizantes la textura de la tierra se vuelve más arcillosa.

Muestreo de agua

En la presente investigación se realizará el muestreo de agua, para análisis de laboratorio según las normas establecidas de laboratorio. Para la valoración de cationes, aniones y el pH.

Muestreo de suelos

La muestra se efectuará según el método de TRUORG u Olsen (CIAT), en forma de zigzag a una profundidad de 60 a 90 cm, una vez obtenida las submuestras se realizará un cuarteo para obtener un kilo de muestra. Luego se efectuará la respectiva interpretación a partir de los datos obtenidos en laboratorio.

Dosis de tratamiento

Las dosis se utilizarán en cuatro niveles por hectárea y un testigo, en presente investigación en cuadro se presenta:

Dosis por hectárea	Dosis en tratamiento 50m ²
1300 kg /ha de Sulfato de calcio	14Kg/50m ²
1500 kg /ha de Sulfato de calcio	20Kg/50m ²
1700 kg /ha de Sulfato de calcio	24Kg/50m ²
	Testigo o sin tratamiento

Tabla 1

Aplicación de tratamiento

La incorporación de tratamiento se aplicará una vez que se realice el riego de la parcela, se romera con yunta, y luego se aplicará a voleo el sulfato de calcio. Una vez que se aplique se volverá a remover el terreno luego se efectuará un riego después de una semana para mantener humedad el terreno y se pueda lograr la reacción química.

A continuación, se presenta el croquis de la parcela:

I	II	III	IV	V
T1	T3	T2	T1	T3
T0	T0	T0	T0	T2
T3	T2	T0	T0	T1

Referencia:

Tratamientos:	T1, T2, T3
Testigos:	T0
Área Total de la parcela:	200m ²
Unidad de parcelas:	50m ² .

Marco contextual

El presente trabajo de estudio se realizó en la localidad de Yotala. En la Provincia Oropeza del departamento de Chuquisaca, en los predios de la Granja Experimental Universitaria —Villa Carmen”, en la segunda huerta, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la U.M.R.P.S.X.CH. Geográficamente, se sitúa entre los paralelos 65° 15’25’’ de longitud Oeste y 19° 09’28’’ de latitud Sud, a una altitud 2515 m.s.n.m., distante a 15 km de la ciudad de Sucre sobre la carretera que une con el departamento de Potosí.

Marco teórico

Origen de la naturaleza de los suelos salinos/sódicos Origen de la salinidad

Según Richards (1983), los suelos salinos se encuentran en zonas de climas áridos y semiáridos donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación. En la práctica no existen suelos salinos en climas húmedos, el problema de salinidad es de mayor influencia económica por la consecuencia de la irrigación del suelo, hasta se podría convertir un suelo no salino en salino debido a la deposición de sal en el suelo y agua de riego, la salinidad puede originarse por diversas causas:

a) Causas naturales

Son debidas a la meteorización natural de las rocas y minerales, la actividad volcánica, el movimiento de sales por el viento, la cercanía del mar que contiene sales en gran cantidad, resultados de fenómenos biológicos, climas áridos de fuerte evapotranspiración.

b) Causas humanas

Son debidas a la acción del hombre en el medio ambiente y estas pueden ser: la generación de sales producto de los residuos de las industrias, el riego con disoluciones muy salinas o aguas de mala calidad y de forma continua, en regiones áridas donde la escasez de lluvias impide el lavado de los suelos y las sales tienden a acumularse formando costras blancas en la parte superficial del suelo.

Por otra parte Eduard, (2000) menciona que en las zonas de cabeceras de valle se originan con más frecuencia las sales a causa de la aplicación del riego con agua salada, esto hace de que se evapore a la parte superficial del suelo las sales solubles, debido a esto se observa cubierto de manto blanco (costras blancas) en estos suelos se presentan los iones en sustancias químicas, y con el transcurso del tiempo se acumula en grandes cantidades, de esa forma el suelo tiene una susceptibilidad de volverse salino o sódico, además, las sales solubles son perjudiciales para los productores agrícolas, en casos extremos en suelos salinos la conductividad eléctrica es superior a 4.1 milimhos/cm y el porcentaje de absorción de sodio es de 13 a 18.

Según Storie (1970), la interpretación de los minerales, con el transcurso del tiempo son transportadas a las capas inferiores del suelo, los minerales por lo tanto se detienen en suelos que están bajo riego, y el agua de mar, de los deltas de los ríos en las cabeceras de valles son susceptibles a la salinidad, se observa con más frecuencia en las regiones áridas y semiáridas, por bajas precipitaciones pluviales y altas temperaturas. A veces las sales solubles se mueven por debajo del subsuelo, sin embargo, las aguas superficiales actúan como disolvente de sales, por lo tanto, las tierras bajo riego están expuestas a inundación de aguas torrenciales que transportan minerales.

Cepeda (1991), indicó que en las regiones áridas, donde existe pocas precipitaciones y temperaturas elevadas, siempre existe la acumulación de sales solubles como el Ca^+ , Mg^+ , K^+ , Na^+ y demás cationes, pero durante la época de precipitaciones pluviales, dichas sales son infiltradas hacia las capas inferiores del suelo, después de la temporada de lluvias las sales vuelven a aflorar a la parte superficial del suelo por lo tanto se observa costras blancas, por la intensiva evapotranspiración las aguas subterráneas generalmente contienen sales solubles, por lo tanto este tipo de suelo solo prosperan cultivos resistentes a la salinidad.

El mismo autor menciona que la afloración de sales es debido a la intemperización de minerales que liberan el dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, también los hidratos de calcio, magnesio y potasio son liberados de igual manera, esto es debido al incorrecto sistema de drenaje, que resulta insuficiente para la evacuación de aguas de lluvia (torrenciales), cuando estas aguas se estancan en las partes bajas, al evaporarse en grandes cantidades deja a los suelos con costras blancas en la parte superficial, también influye el agua de riego, por ejemplo la aplicación de agua con alta concentración de sales que eleva el nivel freático subterráneo, es decir cuando se producen inundaciones repentinas las sales se concentran en las zonas de las raíces de las plantas, esto provoca la translocación de los nutrientes y la absorción de agua.

La organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, (FAO), (1986) confirma que los suelos salinos se observan con más frecuencia en las regiones áridas y semiáridas, donde la precipitación es baja y existen altas temperaturas, la causa fundamental son las bajas precipitaciones y la intensa evapotranspiración hacen que las sales afores a la parte superficial del suelo, por lo tanto la planta no puede prosperar en estos suelos, esto se vincula con accidentes topográficos, inundaciones de aguas torrenciales que son estancadas en la parte baja de las tierras laborales, debido a esto tiende a degradarse su capacidad productiva de los suelos, esto se presenta con más frecuencia en cabeceras de valles donde los terrenos son de bajo riego.

Según Bukman y Brady, (1993), cuando el drenaje es insuficiente en los terrenos agrícolas se tiende a acumular con mayor facilidad las sales en los horizontes del perfil del suelo, esto se presenta en las zonas áridas por las condiciones climáticas desfavorables.

Factores que influyen en suelos salinos/sódicos

Richards, (1993), remarca que las aguas cargadas de sales son procedentes de la meteorización de los minerales, de tal forma las sales se acumulan en las cortezas de dos formas: subterráneas y depresiones; esto ocasiona mantos freáticos salinos, en la superficie del suelo se puede observar charcos de agua, lagunas, etc. Esto es debido a la deficiencia de drenaje natural, de la misma forma la mineralización de los suelos salinos es debida a los principales causantes que son los factores climáticos, por lo tanto, la estructura del suelo es inestable por que el contenido de materia orgánica es pobre, debido a esto no son aptos para el uso general de la agricultura por que las sales ocasionan serios problemas.

Al respecto Idea Books, (1999), menciona que las sales disueltas en agua dificultan la absorción de nutrientes y agua a las plantas, por otro lado las sales producen la fitotoxicidad en la fase de germinación de las semillas, de igual manera en las primeras fases del desarrollo de las plántulas pudiendo ocasionar la muerte de éstas.

Por su parte Bukman y Brady, (1980), señalan que los suelos salinos-alcalinos son debido a la precipitación de los cationes como el Ca, Mg, K, Na, de igual manera se podría encontrar menores proporciones los cloruros y sulfatos hasta los bicarbonatos, debido a esto se incrementa con el transcurso del tiempo la salinidad del suelo, por lo tanto, el pH varía entre 7.5 y 8.5, por lo que la concentración de sales es elevada. Investigaciones realizadas por Colacelli, revelan que los factores que influyen en suelos alcalinos son aquellos que poseen una cantidad totalmente significativa de iones de sodio con propiedades indeseables, con baja permeabilidad, la aireación es inestable, por lo que es necesario corregir la estructura del suelo para aumentar la productividad.

Características de suelos salinos

FAO (1986), define que la conductividad eléctrica del extracto de saturación de bases en suelos salinos es superior a 4mmhos/cm a 25C, el valor de la tasa de adsorción del sodio es inferior a 15 y el pH de suelo oscila entre 7.5 a 8.5, pero es posible reconocer a simple vista cuando el suelo está cubierto por un manto blanco (grisáceo), además la concentración excesiva de sal, obstaculiza el desarrollo normal de las plantas, sobre todo por la deficiencia de adsorción de agua y nutrientes, porque la permeabilidad es muy baja, la estructura y textura son inestables.

Por su parte Cepeda (1991), indica que los suelos salinos suelen contener más de 0.2% de sales solubles, esto hace de que se eleve la presión osmótica de la planta, por lo tanto, dificulta la adsorción de nutrientes y agua a las plantas, por otro lado, el pH se eleva entre 7.5 y 8.5 por que las sales se desplazan en agua, esto sucede en las temporadas de lluvia por que las sales se concentran en la parte baja de los suelos.

Bohn, (1993), clasifica a los suelos salinos basándose en la conductividad eléctrica (C.E.), los que ha establecido un límite de 4dsm⁻¹, por lo que Soil Of Science Society of America, ha recomendado bajar las normas de los suelos salinos a 2dsm⁻¹ por lo que el extracto de saturación de bases es perjudicial para el desarrollo de las plantas, hasta se podría observar las características con las deformaciones de las hojas, color verde azulado, el tamaño achaparrado.

Según Richards (1993), este tipo de suelo se forma como resultado del proceso combinado de salinidad y la acumulación de sodio, por otra parte, se clasifico a los suelos respecto a la conductividad del extracto de saturación acuosa en cinco clases:

- a) Suelo no salino, son los que tienen valores de 2 mmhos/cm o menos de conductividad y según el efecto de desarrollo de la planta, (grado de salinidad baja)
- b) Suelo no salino la C.E. entre los valores de 2 a 4 mmhos/cm, con un leve efecto sobre el crecimiento de la planta, (grado de salinidad leve).
- c) Suelo salino con valores de 4 a 8 mmhos/cm de C.E., en la cual disminuye el rendimiento del cultiv, (grado de salinidad alto).
- d) Suelo que tiene de 8 a 16 mmhos/cm de C.E. en el cual existen pocos cultivos que soportan estas condiciones, (grado de salinidad muy alto).
- e) Suelo con valores mayor a 16 mmhos/cm de C.E., las restricciones para el cultivo son más grandes que el anterior, (grado de salinidad extremadamente alto).

En suelos salinos se suele tener alta concentración de sales, pero poco sodio intercambiable (Na+).

Al respecto Idea Books (1999), define la característica de salinidad, indicando que es debida a un drenaje deficiente, sobre todo en las regiones áridas y semiáridas, en estas zonas las precipitaciones son bajas y altas las evapotranspiraciones, esto tiende a que abunden las sales, sulfatos, cloruros de Na, Ca, Mg y K, estos elementos se concentran en el horizonte —A₁, esto impide la adsorción de nutrientes y agua a la planta.

Según el análisis de recuperación de tierra (2000), en los suelos se recomienda realizar una lavado con abundante agua teniendo en cuenta el drenaje para que no se produzca encharcamiento de agua, siempre tomando en cuenta la solubilidad de sales, que disminuye en bajas temperaturas, porque en invierno la evaporación es alta y puede requerir de varios lavados, la conductividad eléctrica de los extractos de saturación se estos suelos es menor a 4 mmhos/cm pero el porcentaje de sodio intercambiable es menor a 15.

Investigaciones realizadas por Bohn, (1993), reportan que los suelos salinos son también provocados por la actividad humana, de esa forma las sales son transportadas por el riego, por donde se escurren superficialmente con la aplicación de agua, por lo tanto, se incrementa la salinidad en los suelos de cabeceras de valle, el principal causante son la altas temperaturas, evaporación y transpiración.

Con referencia a esta problemática Idea Books, (1999), indica que los suelos salinos presentan un contenido elevado de sales solubles, esta concentración impide a la planta la adsorción de nutrientes por la diferencia del potencial osmótico, cuando su condición de conductividad sobrepasa a los 4 mmhos/cm se llegan a modificar las características del suelo, en donde más se concentra es en la parte superficial del horizonte —A₁, basándose en estos aspectos el autor clasifica lo suelos como se encuentra en la tabla

Grupo de suelo	Conductividad específica del estrato de saturación a 25°C en mmhos/cm C.E.S.	Saturación de sodio de la capacidad de intercambio catiónico
Salinos no sódicos	>4	<15
Salinos sódicos	>4	<15
Sódicos no salinos	<4	>15
No sódico, no salino normal	<4	<15

Tabla 2 Clasificación de suelos, con problema de salinidad según sus prioridades químicas

Características de los suelos sódicos

Estudios realizados por Historie (1983), revelan que los suelos sódicos son aquellos que tienen exceso de sodio, con un pH mayor a 8.5 a 10, la disolución de materia orgánica es color oscuro con el nombre de —álcali negrol con subsuelo de arcilla floculada y con alto contenido de sodio absorbido.

Por otro lado, la FAO (1986), menciona que la adsorción de sodio es superior a 15, hasta puede llegar a 100; con una conductividad eléctrica de extracto de saturación de 4mmhos/cm a 25 °C, un pH mayor a 8.5, por lo tanto, el manejo de estos suelos es difícil y su productividad es baja, porque la sal es dominante, como el carbonato de sodio provoca al complejo de intercambio catiónico, a su vez también provoca la dispersión y translocación de las partículas del coloide del suelo, todo esto provoca un deterioro en las condiciones físicas de la capa superficial del suelo, haciendo que este se agriete en los periodos secos, hasta puede levantar los terrones, pero en las temporadas de lluvia se encharcan de agua por que el nivel de materia orgánica es muy pobre como ser el calcio, nitrógeno y el nivel de fosforo es medio, de igual manera el potasio puede llegar a ser alto.

Según medina (1997), en aquellos suelos que se encuentran afectados por el problema de alcalinidad, predominan los iones como el carbonato de Ca^+ , Mg^+ , K^+ , Na^+ , Cl^+ , HCO_3 y CO_3 , en ciertos casos puede presentarse como el NO_3 , posiblemente entre estos cationes y aniones se puede formar diferentes sales, esto ocasiona dificultades en el desarrollo de las plantas. El mismo autor describe a los compuestos que pueden originar la salinidad de los suelos de la siguiente manera:

a) Cloruros

Según Medina (1997), las sales derivadas reaccionan con alguna base, como el ácido clorhídrico, las cuales son más abundantes y solubles, tóxicas para los cultivos, siendo los más importantes el cloruro de sodio (NaCl), cloruro de potasio (KCl), (CaCl), (MgCl), todos estos cloruros llegan a tener importancia en el ámbito local; al mismo tiempo señala en detalle:

Cloruro de sodio. Esta sal es componente principal de los suelos, en la mayoría su abundancia se debe a su gran solubilidad alrededor de 317 gr/l a 20°C por otra parte el sodio y cloro son bastante tóxicos para varios cultivos, en algunos casos pueden desarrollarse en una concentración de 0.1% de NaCl plantas extremadamente tolerantes.

Cloruro de potasio. Esta sal es similar al cloruro de sodio, con una solubilidad de 30gr/l a 20 °C con una toxicidad elevada para los cultivos debido al ion Cl , sin embargo, rara vez se encuentra en grandes cantidades en el suelo, porque el potasio es un elemento nutriente que consumen las plantas y los organismos que habitan en las plantas.

Cloruro de calcio. Es una sal con gran solubilidad 427gr/l a 20°C, sin embargo, rara vez se encuentra en abundancia, pues generalmente reacciona con sulfatos de calcio y carbonato de sodio.

Cloruro de magnesio. Esta sal solo se presenta en condiciones de salinidad extremada, tiene una solubilidad de 410gr/l a 20°C y es un ion tóxico para la mayoría de los cultivos.

b) Sulfatos

El mismo autor menciona que los sulfatos son derivados de sulfúrico y se presentan en los suelos salinos-sódicos, como sulfato de magnesio MgSO_4 , sulfato de sodio, sulfato de calcio y sulfato de potasio, presentándose así el siguiente detalle.

Sulfato de magnesio. Este ion tiene una solubilidad entre 262 gr/l a 20°C esta sal ocasiona bastante toxicidad para los cultivos.

Sulfato de sodio. Es uno de los iones comunes que se encuentran en suelos alcalinos salinos de igual manera se puede encontrar en aguas subterráneas, su influencia es de alta toxicidad, pero en comparación del magnesio es menor, su solubilidad varía de acuerdo con la temperatura, tal como se muestra en la tabla.

Temperatura °C	Solubilidad gr/l
0	45
10	90
20	185
30	375
40	430

Tabla 3 Efecto de la temperatura sobre la solubilidad de sulfato de sodio

Sulfato de calcio. Esta sal fisiológicamente para la planta es toxica, además es de baja solubilidad entre 1.9 gr/l a 20°C por lo tanto el CaSO_4 se encuentra precipitado, debido a esto no interviene en el problema de salinidad.

Sulfato de potasio. Esta sal tiene propiedades similares a las del sulfato de sodio, su toxicidad es menor u rara vez se acumula en grandes cantidades en el suelo, su solubilidad es de 180 gr/l a 20 °C aunque también varía de acuerdo con la temperatura.

c) Carbonatos y bicarbonatos

Estudios realizados por Medina (1997), demuestran que estas sales son derivados del ácido carbónico de $(\text{H}_2\text{CO}_3)_2$, se podrían encontrar grandes cantidades en suelos salinos-sódicos, los más importantes son $(\text{Na}_2\text{CO}_3)_2$, $(\text{CaCO}_3)_2$, $(\text{MgCO}_3)_2$, $(\text{K}_2\text{CO}_3)_2$, todo lo mencionado se encuentra en menor cantidad en los suelos salinos.

Carbonato de sodio. Esta sal es muy común en suelos alcalinos y agua de riego, es altamente soluble entre 178gr/l a 20°C, es extremadamente toxica para la mayoría de las plantas, por lo tanto, su presencia incrementa el sodio intercambiable, esto ocasiona una reducción de fertilidad del suelo.

Carbonato de potasio. Esta sal es de baja solubilidad 0.013gr/l sin embargo aumenta su grado de solubilidad a 0.014gr/l para su transformación de bicarbonatos de calcio, su toxicidad no es dañina para la mayoría de las plantas.

Carbonato de magnesio. Esta sal es soluble entre 0.106 gr/l al igual aumenta la solubilidad, debido a la formación de carbonato por la adsorción de magnesio y la arcilla, hasta se podría presentar en las regiones áridas, las dolomitas como el $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

El investigador Colacelli, (2000), afirma que los suelos alcalinos son aquellos que sobrepasan por encima de 8.2 de pH, donde poseen una cantidad significativa del ion sodio, este tipo de suelo tiene una mayor concentración de sulfatos y cloruros, hasta se podría encontrar la presencia de bicarbonatos de sodio, entonces debido a esto las propiedades físicas y químicas del suelo son inestables, con baja permeabilidad, con problemas de aireación, entonces los suelos sódicos son necesariamente corregibles para aumentar su capacidad productiva, con la incorporación de las enmiendas de sustancias químicas y orgánicas.

Por otra parte, Black, (1975), determina que en los suelos alcalinos no prosperan con facilidad las plantas, porque las altas concentraciones de iones de oxidrilo tienen efectos directos perjudiciales en las plantas, estos efectos ocurren entre el pH de 8.5 tal como comprobó Jones en 1961, por que la toxicidad de aluminio en las plantas cultivadas es fuerte. En suelos sódicos y no salinos se presentan las diferencias de elementos como el fosforo, hierro, zinc, que tienen una solubilidad baja en condiciones alcalinas, la diferencia se combate para disminuir el pH y bajar la presencia de sales.

Asimismo el autor Pizarro, (1987) considera que los suelos que contienen suficientes proporciones de sodio absorbido y elevado valor de PSI, provoca la dispersión de los coloides, la consecuencia es la perdida de la estructura del suelo, en cambio el contenido de sales en suelos sódicos es bajo y la conductividad eléctrica (CE) es menor a 2mmhos/cm y la reacción de este suelo varía en función la cantidad de sodio intercambiable (PSI), de igual manera por la presencia de CO_3 o CO_3HO el pH oscila entre 8 a 9.5 las sales disueltas en suelos se encuentran en pequeñas cantidades, como los cloruro, sulfatos, bicarbonatos aunque puede haber pequeñas concentraciones de sodio y bicarbonatos.

Este autor clasifica a los suelos en función al porcentaje de sodio intercambiable (PNal) tal como se muestra en la tabla.

Categoría	Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)
Ligeramente sódico	7-15
Medianamente sódico	15-20
Fuertemente sódico	20-30
Extremadamente sódico	>30

Tabla 4 Clasificación de suelos sódicos

El autor Aidarov, (1985), menciona al respecto que los suelos sódicos (solonetz), se caracterizan por su contenido de sodio intercambiable, los horizontes del suelo son afectados por la reacción alcalina, como los carbonatos de sodio, calcio, potasio y magnesio, entonces debido a esta presencia de sales, se degrada la capacidad del suelo, pero con más frecuencia se suscita en las regiones áridas, a la vez se compacta, por lo tanto tienen baja permeabilidad y deficiente reserva de humedad para las plantas.

Efecto de los suelos salinos en las plantas

El investigador Gaetz (1997) remarca sobre la influencia de la salinidad que contrae varios problemas en el desarrollo de la planta, los más destacados son:

- Problemas en la adsorción: a altas concentraciones de sales solubles, la planta hace mayor esfuerzo en la succión de nutrientes y agua.
- El problema de toxicidad que ocasiona en las plantas, es en la ruta metabólica, por lo tanto altera el desarrollo del cultivo; las plantas sensibles a la salinidad hasta podrían llegar a morir.
- El problema de la estructura física del suelo, es ocasionado por la dispersión de la materia orgánica y adsorción de arcilla, esto provoca baja permeabilidad, por lo tanto, en la parte superficial del suelo se forman costras blancas.

- El mismo autor menciona que deben tomarse en cuenta especialmente la controversia entre los efectos causados por la baja fertilidad del suelo, las plantas poco desarrolladas o achaparradas que es debido a una baja fertilidad y la salinidad, los síntomas no son tan fáciles de detectar por que las características son similares, tal vez se podría diferenciar por lo siguiente: el tamaño achaparrado, las hojas verde oscuro, esto se debe a un aumento del contenido de clorofila, estos síntomas se pueden observar con claridad en las hojas, para determinar el efecto de sales solubles, por lo tanto se deben realizar una serie de determinaciones analíticas como el análisis químico de la planta en laboratorio.

Sobre la resistencia a la salinidad Medina (1997), indica que no todas las especies son resistentes a altas concentraciones de sales, en muchos casos influyen a las características de la planta como en el color, tamaño y rendimiento, por lo tanto, la concentración de materia orgánica es pobre, en cambio la asimilación de fósforo ayuda en la adsorción de nutrientes a la planta.

Así mismo los autores Bonh, (1993) señalan que el efecto principal, de sales solubles impide el aprovechamiento de nutrientes y agua, porque las raíces contienen una membrana semipermeable (débil) a la vez la función osmótica de la planta se dificulta en el momento de extraer las sales, debido a esto el suelo se vuelve salino, por lo tanto, es limitado el desarrollo de la planta, en el caso de las plantas sensibles a la salinidad podría ocasionar graves problemas, de esta manera se puede seleccionar cultivos de acuerdo a su resistencia a suelos salino-sódicos como se muestra en la tabla.

Altamente tolerante	Moderadamente tolerante	Poco tolerante
Cebada	Higuera	Limonero
Remolacha	Olivo	Manzano
Algodón	Trigo	Peral
Remolacha azucarera	Sorgo	Albaricoque
	Arroz	Durazno
	Alfalfa	Almendra
	Tomate	Rábano
	Col	Apio
	Zanahoria	Frijol
	Cebolla	Trébol blanco
	Lechuga	Poroto
	Maíz	Haba
	Patata	(leguminosa)
	Repollo	

Tabla 5 Clasificación de los cultivos tolerantes a suelos salino-sódicos

Así mismo la FAO (1986), señala que la mayoría de las plantas son sensibles a la salinidad, por que ocasiona graves problemas en las primeras semanas del desarrollo de la plántula, por lo cual las hojas se observan polvoreadas por que votan las sales solubles por las hojas, no obstante en suelos salinos existe mayor dificultad, debido a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están extremadamente exaltadas, entonces el pH es mayor a 8.5 y con baja permeabilidad con costras de color álcali negro, debido a esto es casi imposible el manejo del suelo sódico.

Recuperación de suelos salinos alcalinos

Según Colacelli (2000), la recuperación de suelos salinos o alcalinos se realizará con la finalidad de recuperar la capacidad productiva; la incorporación de acciones mecánicas, mejoradores químicos, biológicos, hidrotecnico, es de acuerdo al análisis químico y físico del suelo, las sustancias que pueden ser usadas como correctores en suelos salinos y alcalinidad se muestran en la tabla.

Tomando el azufre como unidad base	
Mejoradores de suelos	Equivalente en 1tn de azufre
Azufre	1tn
Yeso Agrícola	5.35 tn
Caliza molida	3.13 tn
Ácido Sulfúrico	3.06 tn

Tabla 6 Sustancias a ser utilizadas como correctores de suelos afectados por sales

Se remarca también los mejoradores orgánicos que también son accesibles en cualquier región como la cochilla marina molida, espuma de azucarera, materia orgánica.

Sobre las premisas indicadas se señala los siguientes métodos de recuperación.

a) Recuperación por el método físico

Colacelli (2000), menciona varios conjuntos de medidas mecánicas bien diferenciadas, siendo las más usuales de acondicionador del perfil de textura del suelo, que puede ayudar la labranza o barbecho profundo e impermeabilizante artificial esto ayuda a la aireación y descomposición del suelo.

b) Recuperación por el método químico

El mismo autor señala que la adición de sustancias o compuestos químicos mejoradores del suelo, provee calcio en forma soluble a los suelos con problemas de sodio y reduce el pH; donde ocurre la reacción de NaCO_3 que reemplaza al sodio absorbido en las partículas de fracción coloidal, en la actualidad varios mejoradores químicos e inorgánicos son para mejorar las condiciones físicas de suelos afectados por sales. Por otra parte, investigaciones realizadas en Guadalajara y Jalisco (2000), encontraron que en los suelos alcalinos abundan los carbonatos de sodio, magnesio, potasio, etc, pretendiéndose corregir con sulfato de calcio (yeso) y azufre elemental, pero siempre tomando en cuenta las condiciones químicas y físicas del suelo por que puede correr el riesgo que el calcio se precipite.

Según los productores en México, a los suelos que están afectados por sales se debe aplicar sulfato de calcio para mejorar su fertilidad y para mejorar el rendimiento de la cosecha; el sulfato de calcio mejora las condiciones físicas del suelo y por otra parte neutraliza a los elementos de cationes y aniones que abundan en suelos alcalinos-salinos a la vez que se reduce el pH. De la misma forma Zerega Adams (Fonalap- Estación Experimental Yaracuy y Yaritagua Venezuela 2001) manifiesta la recuperación de suelos salinos y alcalinos, generalmente suelen ser antieconómicos cuando se utiliza los mejoradores químicos como el ácido sulfúrico, sulfato de aluminio, sulfato ferroso, etc., pero cuando se utiliza las enmiendas orgánicas como el abono verde, melaza de caña de azúcar, estiércol o material orgánica no son como los químicos en cuanto a loa económico, pero se podría decir que son de reacciones muy lentas frente a los químicos.

- c) Recuperación por el método hidrobiológico.

Con referencia a este aspecto Colacelli (2000), menciona que existen cultivos mejoradores de suelos salinos y alcalinos donde ayudan a mejorar las condiciones físicas de los suelos, como los cultivos de raíces y forrajes, como el atriplex que ayuda a extraer las sales solubles, por otra parte, favorece en la absorción de materia orgánica e infiltración de agua.

Por otro lado, se debe evaluar por medio de la biología de la planta para poder observar las reacciones químicas que ocasionan las enmiendas o mejoradores como el azufre, se puede observar por medio de comportamiento de la planta como por ejemplo el color de la planta, tamaño, etc., tal vez se puede realizar análisis químico foliar para determinar la toxicidad de la planta.

- d) Recuperación por el método hidrotécnico

Las referencias citadas por la FAO (1986), indican que la recuperación de suelos salinos puede realizarse por medio de lavado o inundación de agua que favorece la lixiviación de sales, pero debe tomarse muy en cuenta la calidad de agua de lo contrario las propiedades físicas eficientes del suelo pueden ser afectadas; en caso de que pueda tener mayor concentración de sales solubles, empeoraría en vez de un mejoramiento.

En suelos alcalinos se recomienda utilizar enmienda antes de la aplicación de agua, porque la alta concentración de sodio se puede precipitar en el suelo, porque en este caso se requiere desplazar las sales, des luego después que puedan ser lixiviadas.

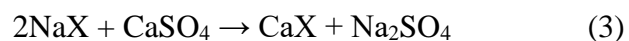
Según Cepeda Dovala (1991), para la aplicación de agua o inundación, para mejorar las condiciones físicas del suelo, se debe considerar los siguientes aspectos.

- La calidad de agua
- La distribución de sales
- El nivel de agua subterránea
- Condiciones de drenaje del suelo

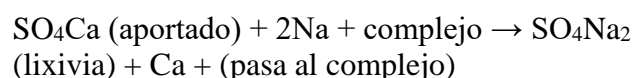
Todos estos aspectos se deben tomar en consideración para no tener conflictos de poder empeorar las condiciones físicas y químicas del suelo, que están afectados por sales; además, cuando se trata de investigaciones se deben tomar muchas precauciones.

Reacción química y biológica de los suelos salinos sódicos

Según Bohn. (1993), los suelos afectados por sales pueden mejorar sus propiedades físicas con mejoradores como el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) con varios Kg/ha, por ejemplo a razón de 1000kg/ha estos suelos requieren del incremento de calcio, para remplazar al sodio intercambiable; entre estos es considerado también como el mejorador de azufre elemental, desde luego, este elemento reacciona para formar ácido sulfúrico por medio de oxidación, por microorganismos del suelo; para tener referencia se debe realizar una evaluación cada 2 a 3 años para saber si es necesaria otra aplicación de mejoradores; al respecto el mismo se explica las siguientes reacciones:



Según Medina (1993), la corrección de suelos alcalinos que se puede realizar con azufre elemental con la finalidad de reducir el pH de 8 a 7.5 se debe utilizar productos acidificantes, siendo el más económico el yeso (SO_4Ca), luego se debe efectuar la aplicación de agua (lavado), con el fin de lixiviar el sodio intercambiable, por cada ion de calcio (Ca^+) aportado, demostrándose de la siguiente manera:



Luego el Na_2SO_4 , se evacua por medio de lixiviación, por lo tanto, disminuye progresivamente el sodio (Na^{++}) existente en el suelo, en cambio el calcio se incrementa a favor de la reducción de la alcalinidad- salinidad y por lo tanto se reduce el pH del suelo.

Wihttig y Janitzky (1968), realizaron una investigación sobre la recuperación de suelos afectados por sales con el uso de mejoradores químicos, observaron la actividad microbiana o reacción química de los bicarbonatos de calcio, magnesio, etc., que se encuentran precipitados en el suelo indicándose que se provee de calcio para sustituir al sodio intercambiable mediante las siguientes reacciones.

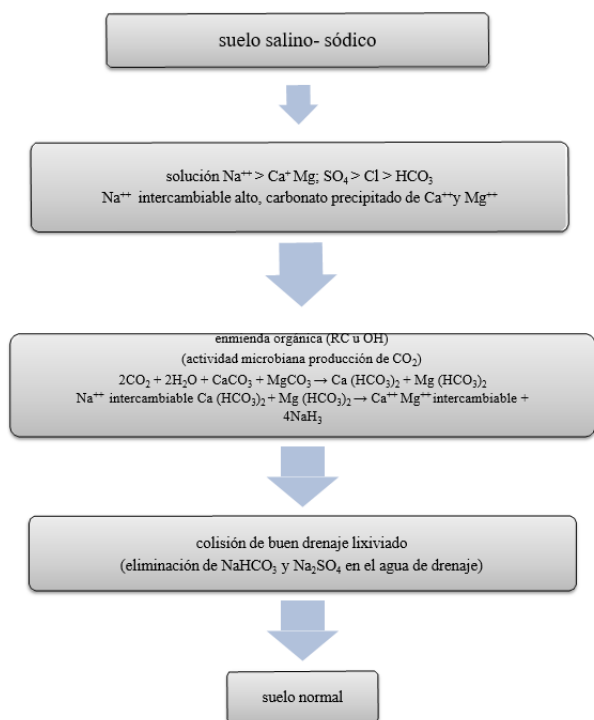


Figura 1

Sin embargo, se debe adicionar agua para eliminar el NaHCO3 de esta forma evitando al acceso capilar de la superficie del suelo, por lo cual con la práctica de enmiendas es posible mejorar las propiedades físicas afectadas por sales.

Resultados obtenidos

PH

Los datos del cuadro muestran la favorable respuesta de acuerdo con las necesidades de la planta. Los pH obtenidos con los tratamientos resultan ser óptimos para las especies que se cultivan en la zona.

Ph-H ₂ O			
Testigo	1300 kg/ha	1500 kg/ha	1700 kg/ha
8.4	7.5	7.42	7.31

Tabla 7

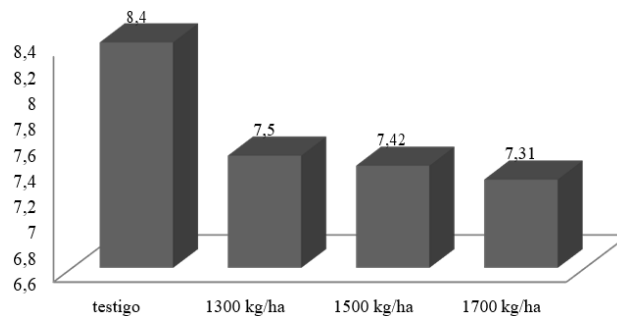


Gráfico 1

Conductividad eléctrica

Los valores obtenidos con las enmiendas aplicadas resultan disminuir la conductividad, este parámetro es netamente función de las sales solubles presentes del suelo.

Conductividad dS/m					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
1.042	0.83	1.042	0.58	1.042	0.96

Tabla 8

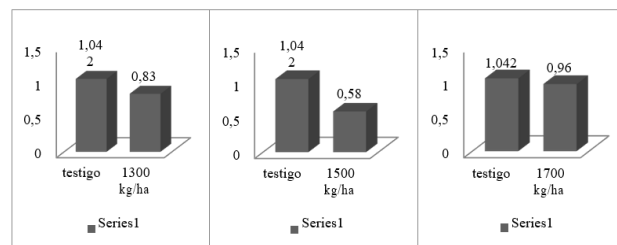


Gráfico 2

Nitrógeno total

El nitrógeno como forma orgánica es usado por las plantas. El nitrógeno es parte de la materia orgánica del suelo y como tal contribuye favorablemente con nutrientes al suelo.

Nitrógeno total %					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
0.151	0.12	0.151	0.12	0.151	0.14

Tabla 9

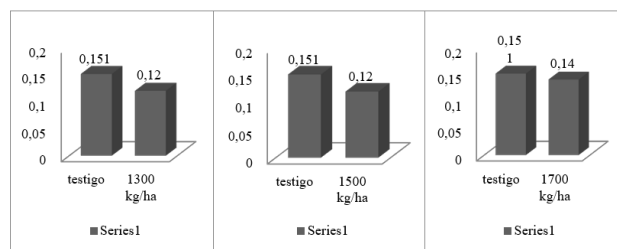


Gráfico 3

Fosforo asimilable

El incremento de fosforo sustancial, parámetro que coadyuva a que las raíces y la planta se desarrollen más rápidamente, mejorando la eficiencia del uso de agua y acelerando la maduración.

Fosforo asimilable mg P/kg					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
1.83	4.49	1.83	1.41	1.83	7.14

Tabla 10

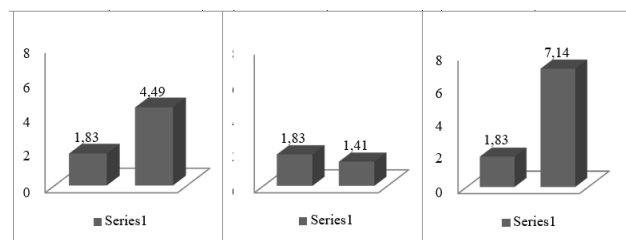


Gráfico 4

Calcio

El excedente de calcio obtenido a causa del tratamiento es muy favorable para un suelo fértil debido a que las plantas tendrán más Ca⁺⁺ iónico para absorber. La principal fuente de calcio es fuente principal de calcio ionio.

Calcio meq/100 g					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
9.06	25.3	9.06	19.8	9.06	23.8

Tabla 11

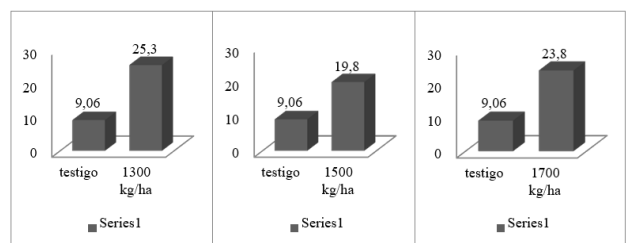


Gráfico 5

Magnesio

La ausencia de este elemento es más común que la del calcio. El magnesio iónico es absorbido por las plantas, pero el magnesio generalmente se presenta como compuesto que no puede ser.

Magnesio meq/100 g					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
2.97	3.74	2.97	3.71	2.97	3.74

Tabla 12

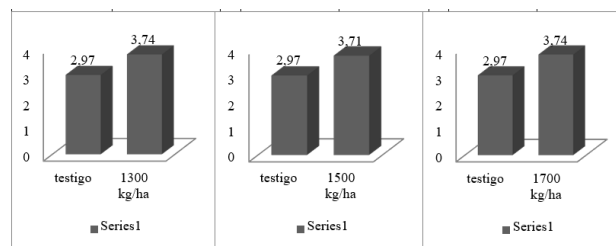


Gráfico 6

Sodio

La disminución de sodio indica la reducción de salinidad en el suelo ya que éste el elemento precursor de la salinidad. Debido a la presencia de calcio y azufre los iones de sodio son difícilmente asimilables por la planta.

Sodio meq/100g					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
0.3	0.25	0.22	1.41	0.3	0.16

Tabla 13

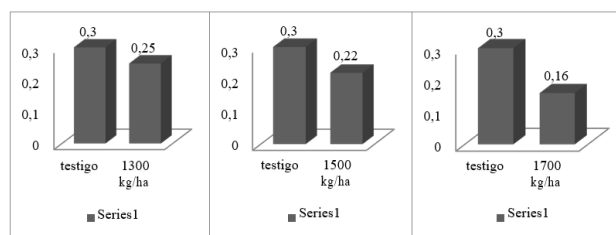


Gráfico 7

Potasio

El potasio como ion es elemento que coadyuva fisiológica y nutritivamente a la planta. El potasio disponible se mantuvo moderadamente constante, ya que se tenía potasio como feldspatos y con la aplicación del tratamiento se produjeron iones de potasio

Potasio meq/100g					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
0.3	0.23	0.3	0.25	0.3	0.27

Tabla 14

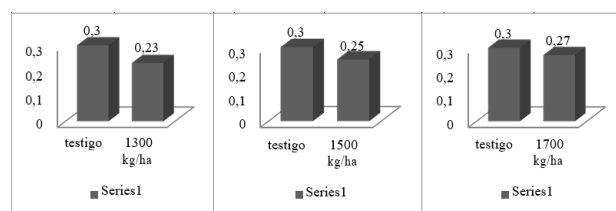


Gráfico 8

Textura

Se obtuvo un suelo con mayor disponibilidad a las plantas es parámetros como porosidad, saturación que podría tener el suelo, con esto obteniendo mayor retención de humedad del suelo.

Textura Arcilla%					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
20.6	14	20.6	17	20.6	13

Tabla 15

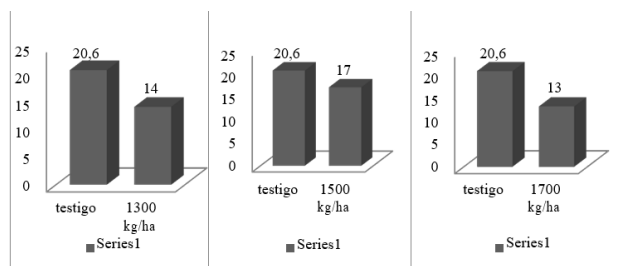


Gráfico 9

Textura Arena%					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
38.1	40	39	0.25	38.1	42

Tabla 16

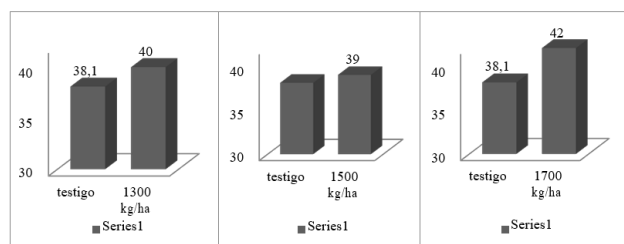


Gráfico 10

Textura Limo%					
Testigo	1300 kg/ha	Testigo	1500 kg/ha	Testigo	1700 kg/ha
41.3	46	41.3	44	41.3	44.9

Tabla 17

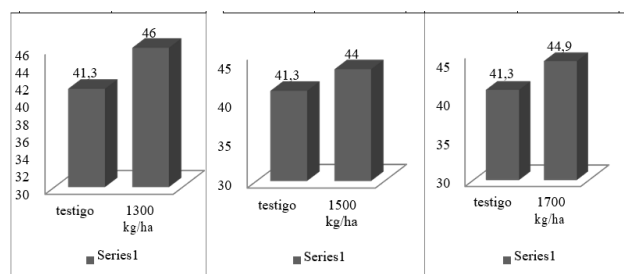


Gráfico 11

Discusión

Los resultados de la variación de las bases intercambiables en el suelo por el efecto de la aplicación de sulfato de calcio a un suelo salino con un pH de 8.4 se manifestó una disminución del pH a 7.31, 7.42 y 7.5 en sus tres niveles; la repercusión se exterioriza en el incremento en algunos parámetros y la disminución en otros.

En el caso del calcio este aumento hasta 131% con la aplicación de 1700kg/ha de sulfato de calcio, 109% con el tratamiento de 1500kg/ha, 139% con 1300kg/ha.

Este fenómeno se debió como señala Almaraz (1998) que gracias a la aplicación de sulfato de calcio que se aplicó en el suelo se incrementó el sulfato de calcio que había en el suelo y así también lo radicales de calcio que son los que desplazan al sodio que es el causante de la salinidad.

En cuanto al magnesio se determinó que antes de la aplicación la cantidad de magnesio era de 2.97 meq/100g de suelo, incrementándose así desde un 62% en el tratamiento de 1500kg/ha hasta 63% con 1700kg/ha.

De acuerdo con Cochrane (1971), este incremento se debe al aumento de calcio en el suelo, mientras la cantidad de magnesio aumenta, los iones no están fijados a los coloides del suelo; pero cuando el calcio se presenta en cantidades superiores al magnesio, como ocurrió en esta investigación, hace que este elemento sea absorbido por las arcillas y sea asimilable por las plantas.

Si bien antes de la aplicación de la enmienda al suelo tubo un 0.30 meq/100g de potasio, los tratamientos tuvieron un efecto de disminución 76% con el tratamiento de 1300kg/ha hasta un 90% con 1700kg/ha.

La explicación de este comportamiento se debió a que el potasio que se encontraba en forma de feldespato que es poco asimilable para la adsorción por las raíces, reacción con el ácido sulfúrico liberando mayor cantidad de iones de potasio que son fácilmente aprovechables por las raíces (Bohn, 1993), esto daría a pensar que la disminución observada se debería a que este elemento ha sido consumido por la planta y lixiviado por agua.

Los registros de fósforo mostraron un comportamiento controversial aumentando desde un 145% a un 290% en los tres niveles.

Almaraz (1998), señala que el fósforo se encuentra en el suelo en forma de compuesto muy poco soluble, formando fosfatos de difícil disponibilidad para la planta; la incorporación de enmiendas orgánicas o minerales como el sulfato de calcio hace que la reacción con el ácido sulfúrico formado por el sulfato de calcio se vuelve más soluble y ayuda a que las raíces y la planta se desarrollen más rápidamente.

Además, el fósforo en su nuevo estado, mejora la eficiencia del uso del agua, acelera la maduración y es vital en la formación de la semilla. El elemento sodio, considerado como el elemento precursor de la salinidad, por efecto de las enmiendas aplicadas sufre una disminución desde 0.3 meq/100g a un 0.25 meq/100g con 1300kg/ha, 0.22 meq/100g con un tratamiento de 1500kg/ha y 0.16 meq/100g con 1700kg/ha. Esta disminución ha que elementos necesarios para el crecimiento de las plantas estén en mayor disponibilidad para esta pues según Richards (1980), altas concentraciones de sodio en el suelo dificultan la adsorción de calcio, magnesio y potasio a las plantas por lo tanto atrofia la física del suelo. Como consecuencia de todas estas reacciones y variaciones, que se manifestó una reducción de la salinidad del suelo, favoreciendo a los nutrientes del suelo; la reducción de sodio manifestó un mayor crecimiento de las plantas establecidas (Bohn 1993; Buckman y Grady, 1993; Black 1975).

El resultado de la disminución de sodio y potasio en el suelo, además del incremento de calcio, magnesio y fósforo, la capacidad de intercambio catiónico efectivo sufrió también una variación, siendo esta menor, por efecto de los tres tratamientos en comparación a los valores iniciales del suelo. Un análisis económico demostró que una aplicación óptima para mejorador de suelos alcanos es de 1300kg/ha.

Conclusiones

Habiendo obtenido las respuestas de cada unidad experimental positivas, se alcanzó los objetivos propuestos de la investigación, por lo tanto, condujeron a las siguientes conclusiones:

- Mediante la interpretación de los análisis de agua pudimos clasificar el agua de riego, de Yotala, como agua de salinidad media (C2) la cual puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad, se pueden producir las plantas moderadamente tolerantes a las sales. También decir que el agua de riego es un agua baja en sodio (S1) la cual puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio. Al obtenerse un pH de 7.5 podemos decir que nuestra muestra un carácter ligeramente básico, aunque en base a los valores de referencia (6,0-9,0) se encuentra en el rango común de aguas para riego. Al haberse realizado la interpretación del agua, podemos decir que el agua de riego utilizada en Yotala es óptima para el riego y que no es causante de la acumulación de sales solubles en el suelo.
- Por la aplicación de sulfato de calcio al suelo se manifestó una reducción de los elementos tóxicos para las plantas tales como el sodio y potasio; en cambio los otros elementos como el fósforo y calcio que son beneficiosos como nutrientes aumentan. A causa de la aplicación del tratamiento se obtuvo una reducción de la cantidad de sales solubles en el suelo. Además de la reducción del pH, de 8.4 (fuertemente alcalino) a 7.4 (débilmente alcalino).
- El costo del mejorador (yeso), es mucho menor comparado con el precio de otros mejoradores como la urea, azufre, ácido sulfúrico, sulfato ferroso, sulfato de aluminio o la caliza, por tanto, llega a ser mucho más rentable económicamente, más aún cuando hablamos de un área poblada con agricultores minoristas que no cuentan con los recursos necesarios para aplicar mejoradores de elevado precio.

Referencias

- Almaraz, J. 1998. Manual para la interpretación y análisis de suelos. Ed. Tokio.
- Beltrán, L. 1970. Análisis químico de suelos. Ed. Omega S.A. Casanova 662 p. Black, C.A. 1975. Relaciones suelo y planta. Ed. Hemisferio Sur. 717 p.
- Bohn, H. et al. 1993. Química del suelo. Ed. Limusa S.A. 363 p.
- Boletín FAO. 1986. Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. Ed. FAO/FIAT PANIS 107 p.
- Bonifacio et al. 1995 Edafología. Universidad Autónoma Chapingo, México. Departamento de suelos.
- Buckman Y Brady. 1993. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Limusa S.A. 4ta ed. 567 p.
- Castañón, G, et al. Ingeniería del riego, utilización del agua. Ed. Teresa Gómez – Mascaraque Pérez. Pp 192– 163.
- Cepeda, D 1991. Química de suelos. 2da. Ed. Ed. Trillas, México D.F. 151 p.
- Cochrane, 1971. Guía para la interpretación de datos analíticos de los análisis rutinarios de los suelos afectados en laboratorio. Ed. Ministerio de agricultura Pp. 1 -17.
- Colacelli, M. 2000. Uso del suelo. Editorial de la facultad de Agronomía y Zootecnia. U.N.T. Pp. 1– 24. Craetz, H. 1997. Suelos y fertilizantes. 6ta. Ed. Ed. Trillas. Pp. 45 – 46.
- Dimanche P. 1999. Análisis de suelo y material vegetativo, bases para la productividad agroforestal. 4ta. Ed. Pp. 60.
- Freidich, T. 1996. Servicios de ingeniería agrícola de sistemas de abono. Pp. 18.
- Gisbert, C. et al. Océano Central / Enciclopedia práctica de la agricultura y la Ganadería. Ed. Océano S.A. Idea books. Biblioteca en la agricultura, suelo, abono y material orgánico. 4ta Ed. Pp. 56 – 115.
- Richards, 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 4ed. Ed Limusa. México. 270p
- Storie R. 1970. Manual de evaluación de suelos. Ed. Hispanoamericana. 26-28p
- James, N. 1968. Drenaje de tierras agrícolas (teoría y aplicación). Ed. Limusa S.A. pp560-570.
- Kremmer. P. 1975. Relaciones Hídricas de suelo y planta. Ed. Edutex S.A. 2da Ed. Pp 242-290
- Medina. J. 1997. El suelo, abono y fertilización de los cultivos. 4ta Ed. Ed. Mundi Prensa. Pp. 167-181.
- Porras. M. et al 1975. Aguas subterráneas (problemas de la contaminación) 3ra Ed. Ed. CIFCA. Pp 43-65.
- Remmer. F. 1992. Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicación. Ed. Miembro de la cámara nacional de la industria 3ra Ed. Pp 42.
- Zerega. L.; ADAMS.M. (SA). Efecto cachaza y azufre en los suelos salinos.
- Whittic.j. 1968. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. www.drdoreronlbs.com/metodos/analisis-d-agua/intepretacion-analisis-de-agusi.html
- www.ciad.mx/boletin/mayjunnoz/suelo.pdt
- www.ceniapgob.ve/brdigital/caral0902./texto/efecto.htm-48k
- www.informador.com.mx/lartes/2012/agosto/08pr08a.htm
- www.un/med.edu.co/~djaramal/INTERCAMBIO-IONICO.pds
- www.drderonlabs.com/metodos/analisis-de-agua/interpretacionanalisis-de-aguas.htm
- www.drealdersonlabs.com/metodos/indice-de-metodos.htm
- www.economia_cgm.gob.mx/proporcion/doctos/perfiles/yeso.html

Optimización del recurso hídrico, con cultivo ecológico de especies hortícolas, en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo modelo “Anillar Moshé”, bajo una estructura de caballete

Optimization of the water resource, with ecological cultivation of horticultural species, in polyethylene sleeves, with a drip irrigation system model "Anillar Moshé", under a trestle structure

CALDERÓN, Moisés†

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Ciencias Agrarias, Calle Calvo N° 132, Sucre, Bolivia. México.

ID 1^{er} Autor: *Moisés, Calderón*

DOI: 10.35429/JCE.2020.12.4.19.43

Recibido 15 de Julio, 2020; Aceptado 30 de Diciembre, 2020

Resumen

Tomando en cuenta la escasez permanente del líquido elemental para la supervivencia de los seres vivientes, es necesario ofertar a los productores agrícolas paquetes tecnológicos que de alguna manera aporten en la optimización del uso del recurso hídrico, como también maximización del espacio volumétrico de la cubierta plástica, en este sentido la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, por intermedio de la Facultad de Ciencias Agrarias, innova el Sistema de Cultivo en contenedores horizontales tipo —Espalderol, con resultados muy positivos, muy especialmente en cuanto se refiere a la alta optimización del recurso hídrico, como también sobre el aprovechamiento óptimo del espacio volumétrico de la cubierta plástica. Por la forma trapezoidal que presentan los contenedores de fierro, los intervalos de riego fueron cada 10 días, optimizándose de esta manera el recurso hídrico, por otra parte la optimización del líquido elemental, también es efectiva, debido a la instalación del sistema de drenaje, para su posterior reciclaje.

Fragaria, Caballete, Ecológico, Orgánico

Abstract

Taking in it counts the permanent shortage of the elementary liquid for the survival of the living beings, it is necessary to offer to the agricultural producers technological packages that somehow contribute in the optimization of the use of the water resource, as also maximization of the volumetric space of the plastic cover, in this respect the Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, through the Faculty of Agrarian Sciences, the System of Culture introduces in horizontal containers type "Espaldero", with very positive results, very specially in all that it refers to the high optimization of the water resource, as also on the ideal utilization of the volumetric space of the plastic cover. For the trapezoidal form that the containers of iron present, the intervals of irrigation were every 10 days, the water resource being optimized hereby, on the other hand the optimization of the elementary liquid, also it is effective, due to the installation of the drainage system, for his later recycling.

Fragaria, Easel, Ecological, Organic

Citación: CALDERÓN, Moisés. Optimización del recurso hídrico, con cultivo ecológico de especies hortícolas, en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo modelo “Anillar Moshé”, bajo una estructura de caballete. *Revista de Ingeniería Civil*. 2020. 4-12:19-43.

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Entre los primeros cultivos que tuvieron las huertas y huertos americanos fueron la batata, calabazas, papa, pimienta, tomate, frutilla, mandioca y maíz, y también estuvieron presentes los frutales como el cultivo de tuna; todo esto nos hace ver que América desarrolló una agricultura pionera junto al continente asiático, por lo tanto Asia y América son los dos centros básicos en el origen de huertas y huertos en el mundo; debemos decir que la agricultura de los dos continentes fueron independientes y autónomos pero unidos por una misma raza humana con motivación agrícola, es decir, hubo interés o motivación hacia los trabajos agrícolas.

Los pobladores de raza asiática establecidos en América encontraron una realidad de la flora o realidad botánica distinta a la del viejo mundo y en este sentido coincidimos con algunos autores, que los que poblaron América no traían una cultura agrícola, simplemente traían una cultura nómada, es decir, los pobladores asiáticos en nuestro continente no fueron agricultores, solamente vinieron en busca de alimentos a través de la caza, la pesca y la recolección de frutos silvestres, pero es en América donde se despierta el interés sobre la realización de cultivos y ellos son los que sacaron las especies de su medio natural y las llevaron a cultivar.

Esto acredita milenios avallados por trabajos científicos en donde encontramos pautas cronológicas de algunas especies de hortalizas como la batata, y especies de zapallo, encontrándose material botánico que están entre los 8.000 a 4.000 años antes de Cristo.

La agricultura americana pensamos que surge al mismo tiempo o en tiempos similares que la asiática, pero es distinta porque las condiciones fueron diferentes, especies vegetales que no fueron conocidas en el viejo mundo los americanos las cultivaban en sus predios, donde tuvieron que aprender desde el suelo y el clima más apto para el cultivo.

Entre una de las especies vegetales cultivadas por los agricultores americanos, se tiene la frutilla, que a un principio la cultivaban con fines netamente ornamentales, posteriormente pasa a ser un cultivo alimenticio y terapéutico.

Antecedentes

Desde el año 2005, con la iniciación de las ferias científicas, promovidas por la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, se vienen innovando nuevas técnicas en el campo Agropecuario, creando de esta manera nuevos paquetes tecnológicos, para garantizar la provisión de diferentes productos agrícolas, de esta forma enfrentar las necesidades nutricionales de la población mundial.

Con el progreso de la agricultura se van extendiendo cada vez más los cultivos de las hortalizas en los campos muy especialmente la especie frutilla (*Fragaria* spp). Esta intensificación de los cultivos muestra un perfeccionamiento del arte agrícola, con gran ventaja para la riqueza de los pueblos.

En la actualidad, se está presentando, mayores riesgos de producción agrícola, muy principalmente por los cambios bruscos del factor climatológico, como ser: sequías prolongadas, lluvias torrenciales y mal distribuidas, granizadas, heladas vientos huracanados e insolaciones intensas, y a esto se pueden agregar la intensificación de la presencia de plagas y enfermedades, factores que en muchos casos causa pérdidas al 100% de la producción agrícola.

Cada día sucede con mayor frecuencia que, a fin de optimizar el recurso hídrico, optimizar el espacio volumétrico de una cubierta plástica y salvar los cultivos de los diferentes factores adversos a la producción y alcanzar de esta manera producciones adelantadas o tardías de más alta remuneración, de mejor calidad nutritiva y sanitaria, de particular precio comercial, el agricultor, debe recurrir a técnicas especiales y al empleo de equipo técnico también especial, para crear las condiciones climáticas favorables que necesita utilizar durante parte o todo el ciclo vegetativo de las hortalizas que quiere producir.

En este sentido y tomando en cuenta la convocatoria de la 6ta. Feria Exposición de Ciencia, Tecnología e Innovación —San Francisco Xavier 2010], como también en función de los objetivos de nuestra Universidad, cual es la integración de la Universidad con el pueblo, es de suma prioridad, planificar, investigar e innovar nuevas tecnologías para la producción agrícola, de esta manera, efectivizar la enseñanza práctica a estudiantes del campo agropecuario y como también para realizar la transferencia tecnológica a los productores agropecuarios.

Planteamiento del problema

La escasez permanente del elemento líquido vital, y un mercado cada vez más exigente en cuanto se refiere a la calidad tanto sanitaria como nutritivo para productos agrícolas, el cambio climático mundial, la superpoblación. A esto se debe agregar la falta de una planificación agrícola como también la carencia de un estudio del mercado, y finalmente la no disponibilidad de nuevos paquetes tecnológicos adaptados a las zonas de producción agrícola.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Crear, paquete tecnológico, para garantizar la optimización del recurso hídrico, la producción ecológica continua e intensiva de especies hortícolas, optimizar el espacio volumétrico de una cubierta plástica, de esta manera, crear más fuentes de trabajo, mejorar la alimentación cuantitativamente y cualitativamente los ingresos económicos, generar en forma rápida y continúa ingresos económicos, evitar la emigración poblacional y coadyuvar en el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores del área rural y de la población periférica del área urbano.

Objetivos específicos

- Incentivar la producción ecológica, continúa y permanente de especies agrícolas.
- Optimizar el recurso hídrico.
- Optimizar el espacio volumétrico de la cubierta plástica.

- Menguar los riesgos climatológica en la producción de especies hortícolas.
- Optimización de la superficie del terreno agrícola.
- Respetar el deterioro del medio ambiente.

Hipótesis

El cultivo en mangas de polietileno, bajo el modelo Caballete, incorporado un sistema de riego por goteo Método —Anillar Moshé], optimizará el recurso hídrico y permitirá una producción ecológica, continúa e intensiva de especies hortícolas.

Importancia o justificación

La falta de fuentes de trabajo, como también la carencia de una planificación de la producción agropecuaria, muy especialmente en los países pobres como el nuestro, está ocasionando en forma alarmante: hambre, desnutrición y miseria, provocando de esta manera un alto porcentaje de morbilidad y mortalidad, como también está ocasionando una enorme migración de la población boliviana del área rural, hacia los centros de mayor población y exterior del país.

Por otra parte, el uso y manejo irracional de los recursos naturales (agua-suelo y planta), está desequilibrando el medio ambiente mundial, provocando la disminución de los rendimientos de las diferentes especies agrícolas.

Tomando en cuenta los puntos anteriores, es recomendable, ofrecer paquetes tecnológicos, apropiados para cada zona de producción, como materiales, equipos e insumos de fácil accesibilidad por parte de los productores, como también recomendar la aplicación de sistemas de cultivos, donde se garantice la producción ecológica, continúa y permanente de productos agrícolas de alta calidad sanitaria y nutritiva.

Marco teórico

En el presente trabajo de investigación, se ha utilizado como material vegetativo, la especie frutilla (*Fragaria* spp. vd Pájaro), cultivándose en mangas de polietileno, utilizando un sistema de caballete, con un sistema de riego por goteo método —Anillar Moshé], bajo una cubierta construida a base de láminas de frascos desechables, sobre un armazón de madera.

Cultivo de la frutilla (*Fragaria spp*)

La frutilla pertenece a la familia de las Rosáceas. Es una planta herbácea y estolón de bajo porte. La que se conoce en la actualidad es una planta que ha sido producto de cruzamientos de distintas especies de *Fragaria*. Duchense, estudió la biología floral de la *Fragaria* e inició los cruzamientos entre *Fragaria chiloensis* y *Fragaria virginiana*, las que dieron origen a *Fragaria x ananassa* Duch.

La planta de frutilla puede o no responder al fotoperíodo (horas-luz del día). La planta que responde al fotoperíodo son las llamadas de día corto y las que no responden son las llamadas plantas de día neutral o fluorescentes. Las frutillas modernas del fruto grande tienen un origen relativamente reciente (siglo XIX), pero las formas silvestres adaptadas a diversos climas son nativas a casi todo el mundo, excepto África, Asia y Nueva Zelanda (16)

Consideraciones generales de la frutilla

Tradicionalmente la frutilla, por su buen sabor, aroma y por sus propiedades vitamínicas (muy rica en vitamina C), se utiliza para el consumo fresco, se procesa para dulces y mermeladas e integra un número importante de productos como yogures, confituras y conservas.

Este cultivo manifiesta un potencial importante tanto productivo como comercial. Es destacable el comportamiento de algunas variedades dentro del grupo de las "reflorescencias" como Selva y Seascape. Estudios recientes sobre calidad de la fruta, muestran características organolépticas (sabor y aroma) muy destacables, en comparación con otras regiones.

Descripción botánica

La planta de fresón es de tipo herbáceo y perenne. El sistema radicular es fasciculado, se compone de raíces y raicillas. Las primeras presentan cambium vascular y suberoso, mientras que las segundas carecen de éste, son de color más claro y tienen un periodo de vida corto, de algunos días o semanas, en tanto que las raíces son perennes. Las raicillas sufren un proceso de renovación fisiológico, aunque influenciado por factores ambientales, patógenos de suelo, etc., que rompen el equilibrio.

La profundidad del sistema radicular es muy variable, dependiendo entre otros factores, del tipo de suelo y la presencia de patógenos en el mismo. En condiciones óptimas pueden alcanzar los 2-3 m, aunque lo normal es que no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90%), en los primeros 25 cm.

El tallo, está constituido por un eje corto de forma cónica llamado —coronal, en el que se observan numerosas escamas foliares. Las hojas aparecen en roseta y se insertan en la corona. Son largamente pecioladas y provistas de dos estipulas rojizas.

Su limbo está dividido en tres folíolos pediculados, de bordes aserrados, tienen un gran número de estomas (300-400/mm²), por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración. Las inflorescencias se pueden desarrollar a partir de una yema terminal de la corona, o de yemas axilares de las hojas.

La ramificación de la inflorescencia puede ser basal o distal. En el primer caso aparecen varias flores de porte similar, mientras que en el segundo hay una flor terminal o primaria y otras secundarias de menor tamaño. La flor tiene 5-6 pétalos, de 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso. Cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio.

El desarrollo de los aquenios, distribuidos por la superficie del receptáculo carnoso, estimula el crecimiento y la coloración de éste, dando lugar al —fruto del fresón (17).

Características generales de la planta de frutilla (*Fragaria spp.*)

Las hojas de las frutillas tienen tres folíolos de bordes aserrados y la parte inferior de las hojas es pubescente. Están sostenidas por un pecíolo largo que las une a la corona, que forma el tallo de la planta y de ella se originan distintos tipos de yemas que generan hojas, flores y estolones. Las raíces están compuestas por una cabellera de raicillas que se desarrollan principalmente en los primeros 25 centímetros de suelo. Las flores son blancas con cinco pétalos, de unos 2cm de diámetro, dispuestas en inflorescencias. La duración del día y la temperatura son factores que inciden directamente en la planta y la inducen a diferenciar sus fases vegetativa y reproductiva (19).

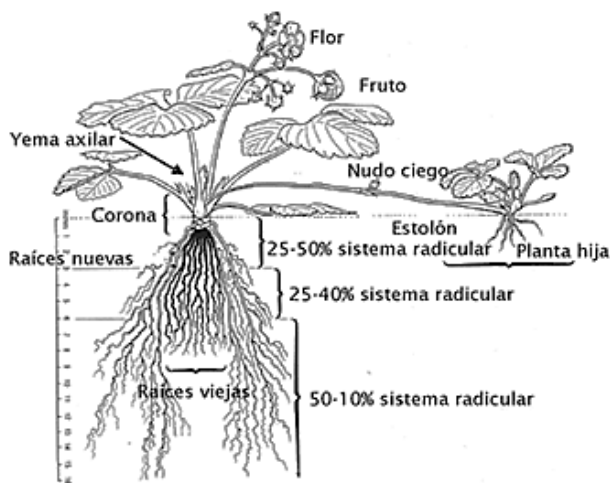


Figura 1 Características botánicas de la planta de frutilla (*Fragaria* spp.)

Importancia económica y distribución geográfica

Actualmente en el mundo, *Fragaria x ananassa* es en la práctica la única especie del género *Fragaria* que es cultivada; sólo marginalmente se cultivan: *F. vesca*, *F. chiloensis*, *F. moschata* y *F. ovalis*. La frutilla posee un corto ciclo de desarrollo, una rápida entrada en producción y una alta inter-fertilidad entre especies del mismo género.

En la actualidad existen programas de mejoramiento genético de frutilla tanto públicos (66%) como privados (34%). Desde 1990 hasta la fecha, la generación anual de nuevas variedades en el mundo es de 29 variedades.

E.U.A., es el país que más variedades ha producido en los últimos 20 años, le siguen Francia, Canadá, Italia, Japón. El único país del hemisferio sur que ha desarrollado variedades es Australia. La mayor cantidad de variedades cultivadas en Chile proviene del programa de la Universidad de California en Davis, E.U.A. El 95% de la producción mundial se concentra en el hemisferio norte, siendo la especie tipo —berryl más extensamente cultivada.

Los grandes productores mundiales son EE.UU., México, España y Polonia, y los principales compradores son el mismo EE.UU., Canadá, China y Japón. Según un estudio de ODEPA (18).

Variedades

Las cuantiosas variedades cultivadas, derivan generalmente de las especies siguientes: *Fragaria vesca*, *Fragaria alpina*, *Fragaria grandiflora*, *Fragaria daltoniana*, *Fragaria virginiana*, *Fragaria chiloensis* y otras especies tanto europeas como americanas (12).

Variedades de día corto

Su inducción floral ocurre cuando los días comienzan a acortarse y las temperaturas medias son moderadas (finales de verano a otoño). Pasan el invierno en reposo y producen concentradamente en primavera, generalmente en los meses de noviembre y diciembre. Algunas de las variedades más conocidas: Pájaro, Chandler, Douglas, Oso Grande y Camarosa (18).

Variedades de día neutro

Su inducción floral ocurre independiente del fotoperíodo (número de horas de luz), las yemas son inducidas en forma permanente, sólo las altas o las bajas temperaturas afectan el fenómeno inductivo. En este tipo de variedades, la producción no es concentrada en primavera, sino que se prolonga desde la primavera hasta el otoño. Alguna de las variedades más conocidas: Selva y Brighton, Fern, Sweet Charly.

Principales variedades cultivadas Tioga

Su adaptación es excelente. Es la de mayor distribución mundial. La producción anual depende mucho del manejo y época de siembra. Normalmente está entre 30 y 60 toneladas y entre el 50 y 60% de la fruta cumple las normas de exportación. Es una variedad un poco tardía ya que alcanza la máxima producción a los siete meses si la planta es importada; si es nacional, su máxima producción es a los cuatro meses. El tamaño del fruto es grande. Los primeros frutos tienen un tamaño de 12-14 gramos. El tamaño promedio para Costa Rica es 8-10 gramos. La fruta es muy sólida y resiste bien el transporte.

Douglas

Su adaptación al país es muy buena. Es una selección de Tioga Turf con gran aceptación en el mercado. La producción anual está entre 30 y 50 toneladas.

Con buen manejo y época de siembra adecuada, la producción puede aumentar considerablemente. Entre 60 a 70% de la fruta, cumple con las normas de exportación si recibe un buen manejo. En cuanto a precocidad es más temprana que Tioga; su producción máxima se adelanta quince días en relación con la Tioga.

El tamaño del fruto es muy grande. Los primeros frutos son de 20 gramos ó más. El peso promedio está entre 14 y 16 gramos. El fruto, a pesar de su tamaño resiste muy bien el manejo y transporte.

La Planta de día corto y de color muy claro, por lo cual tiende a confundirse con alguna deficiencia o enfermedad. Presenta una segunda flor después de 20 días de la primera. Tiene una elevada capacidad para producir coronas. Es muy precoz. El fruto es regular, mejor aspecto cuando se cultiva bajo plástico. Es firme y se adapta bien al transporte.

Puede alcanzar altos niveles de producción, se desprende con bastante facilidad del cáliz. Se puede usar en plantaciones de verano o en plantaciones de invierno, pero si se hace en invierno, la producción empieza más temprano, y si hay peligro de heladas en la zona o exceso de humedad habrá mucha pérdida de fruta por lo que es recomendable su plantación en verano (18).

Chandler

Variedad de la Universidad de California. Es una planta semi erecta de día Corto, de tamaño medio, hojas de color verde pálido. Posee buena capacidad para producir coronas. Se adapta bien a una gran diversidad de condiciones edafoclimáticas y tiene un alto potencial de producción. El fruto tiene buen tamaño, es firme, buen sabor y color rojo por dentro. En determinadas condiciones climáticas la maduración es incompleta, quedando el ápice de la fruta de color verde o blanco. Presenta una leve tendencia a oscurecerse. con mejor resultado en plantaciones de verano, aunque si se planta en otoño temprano, en lugares costeros de temperaturas tibias en invierno, se comporta muy bien. Muy cotizada por la agroindustria por sus cualidades organolépticas, con buen equilibrio azúcar –acidez, es por ello por lo que esta variedad es especialmente apropiada para la industria del congelado.

La frutilla Variedad Chandler, puede usarse en plantaciones de invierno y verano, esta variedad es especialmente apropiada para la industria del congelado y mermeladas. Su foto período es de día corto.

Por las características mencionadas, y por el comportamiento en anteriores trabajos de investigación realizados en el sistema semia aeropónico, en el presente trabajo se ha preferido utilizar como material vegetativo la variedad Chandler (18).

Es una planta semirecta, presenta una buena capacidad para producir coronas. Las hojas son grandes y de un color ligeramente más claro que otras variedades. Se adapta bien a una gran diversidad de condiciones edafoclimáticas y tiene un alto potencial de producción (9).

El fruto tiene buen tamaño, es firme, cuneiforme, buen sabor y color rojo por dentro, no tan regular como pájaro, en determinadas condiciones climáticas se presenta una maduración incompleta, quedando el ápice de la fruta de color verde o blanco. Presenta una leve tendencia a oscurecerse (8).

Su adaptación es muy buena. Es una selección de Douglas. Ha dado buenos resultados a diferentes altitudes, desde los 1300 hasta 2000 m.s.n.m. La producción anual está entre 30 y 50 toneladas. Con buen manejo y época de siembra adecuada la producción puede aumentar considerablemente. Entre 70 y 80% de la fruta cumple con las normas de exportación. Su precocidad es similar a Tioga pero un poco más tardía que Douglas. El tamaño del fruto es muy grande. Los primeros frutos son de 20 gramos y más. El peso promedio está entre 14 y 16 gramos. El fruto es muy resistente, con más fuerte que Tioga y Douglas.

Selva

Su adaptación es muy buena. Por sus características de diámetro produce bien a diferentes altitudes. Es muy precoz. La planta importada se adelanta hasta sesenta días a las variedades de día corto. El tamaño del fruto es grande. El peso promedio es de 12 a 14 gramos. Este fruto es más resistente que Chandler. Entre 70-80% de su fruta, califica para exportación (15).

La planta de día neutro vegetación vigorosa y muy densa. Se adapta bien a suelos de poca fertilidad, pero es sensible a *Botrytis*, *Oidio* y *Viruela*, también es atacada con facilidad por la arañita roja. Es muy productiva necesita frío antes de la plantación (1000 horas a 7 °C). El fruto es, alargado y regular, de buena presentación, color rojo brillante y no se oscurece. Buen tamaño y muy firme, no tiene muy buen sabor, es poco jugosa y muy dura al final de la temporada. Puede plantarse en verano, pero da mejores resultados en plantaciones de invierno. Muy buena variedad para producciones más tardías. Los resultados son muy dependientes del manejo.

Camarosa

Variedad de la Universidad de California, de Día Corto. Fruto grande, muy precoz, de color rojo brillante externamente, interior muy coloreado y de buen sabor y firmeza, muy vigorosa, de hoja de color verde claro, de forma piramidal, larga, muy regular en toda la temporada, con un promedio de peso superior a los 26 grs., esto ayuda a que la cosecha sea más fácil, rápida y por consecuencia con menor costo.

Muy cotizada por los comercializadores pudiendo ser enviada a diferentes lugares con buena duración de poscosecha. Hábito de crecimiento similar a *Chandler*, con mayor desarrollo se recomienda una densidad de plantación de 6 plantas/m². Presenta una asombrosa productividad, precocidad, calidad y adaptación a las condiciones agroclimáticas de la mayoría de las zonas frutilleras en el mundo, requiere de una licencia para su multiplicación y los productores deben pagar un *Royalty*. Es sensible a enfermedades fungosas como —*Oidio*—, en especial en climas lluviosos y calurosos, por lo que hay que prestar atención a prevenir con aplicaciones de pesticidas a tiempo, y plantar a mayor distancia. Se puede plantar en otoño y verano, respondiendo con una producción temprana dependiendo del clima (18).

Se recomienda preparar muy bien el suelo, debe quedar suelto, para permitir buena aireación radicular, en esto es más exigente que otras variedades.

Se obtienen rendimientos superiores a 1 Kg. por planta, lo que, unido a la calidad de su fruto, la hacen una de las más solicitadas para la venta en fresco y para la agroindustria. *Camarosa* con altas temperaturas deja de producir, no así *Aromas* y *Diamante*.

En muchas zonas productoras de frutilla, la variedad californiana *Camarosa*, ha desplazado totalmente a las europeas, ocupando un 98 % de la superficie dedicada a la frutilla, y todo ello gracias a su mayor productividad, precocidad, calidad y adaptación a las condiciones agroclimáticas. Ésta es una variedad de día corto, originada en la Universidad de California, que requiere de licencia para su multiplicación y los productores tienen que pagar un *Royalty*. Presenta un fruto grande, muy precoz, de color rojo brillante externamente, interior muy coloreado y de buen sabor y firmeza. Se recomienda una densidad de plantación de 5 plantas/m². El 2 % restante, se reparte entre las variedades de día corto *Tudla*, *Oso Grande*, *Cartuno* y *Carisma*.

Oso Grande

Variedad californiana, cuyo inconveniente es la tendencia del fruto al rajado. No obstante, presenta buena resistencia al transporte y es apto para el mercado en fresco. De color rojo anaranjado, forma de cuña achatada, con tendencia a aparecer bilobulado, calibre grueso y buen sabor. La planta es vigorosa y de follaje oscuro. En zonas cálidas bajo protección de plástico, se recomienda trasplantar con plantas producidas en viveros de altitud durante octubre para la producción a finales de invierno. En zonas de invierno frío, el trasplante se realiza durante el verano para la producción en el año siguiente a principios de primavera. Se aconseja una densidad de plantación de 6-7 plantas/m², colocadas en caballones cubiertos de plástico, con riego localizado y líneas pareadas.

Pájaro

Planta de día corto, de poco desarrollo, sensible a *Viruela*, *Phytophthora*, *Botrytris* y *Oidio*, es de regular capacidad para producir coronas. No es muy productiva. El fruto se destaca por su calidad, es firme, ligeramente alargado, color rojo brillante y su interior también es rojo. De buen sabor, es una de las variedades de mayor aceptación en el mercado internacional.

Recomendada especialmente para plantaciones de verano en zonas de inviernos fríos. En la costa se la puede plantar en abril o mayo, se adapta bien a plantaciones de alta densidad y presenta buena polinización (18).

Fern

Planta de día neutro, poco vigorosa. Es una variedad de tipo remontante, con buen rendimiento si las condiciones de manejo son las adecuadas y tiene producción continua. Bajo requerimiento de frío, pero es sensible a las altas temperaturas en verano. El fruto es alargado y muy irregular, rojo brillante, pero con tendencia al oscurecimiento. De tamaño medio y no muy firme. Buen sabor. Variedad exigente en fertilidad del suelo y se adapta a diferentes épocas de plantación (18).

Desde un punto de vista agronómico; los cultivares de frutilla, se pueden clasificar en tres grupos: reflorescentes o de día largo, no reflorescentes o de día corto, y remontantes o de día neutro. La floración en los dos primeros casos se induce por un determinado foto período, mientras que este factor no interviene en el tercero. En cualquier caso, no sólo influye la foto periodo, sino las temperaturas u horas de frío que soporta la planta.

Se conocen en el mundo más de 1.000 variedades de frutilla, fruto de la gran capacidad de hibridación que presenta la especie.

Tudla

Se caracteriza por su buena aptitud para el transporte, así como su resistencia a la clorosis férrica, por lo que resulta muy útil en las pequeñas áreas de la zona oeste en las que se presentan problemas locales de aguas salinas. La planta es vigorosa, de follaje erecto, producción precoz, frutos grandes, aromáticos, alargados, de color rojo intenso, tanto externa como internamente. Su productividad es elevada y se adapta bien tanto a la plantación con planta fresca en zonas cálidas, como a la plantación con planta frigo-conservada en zonas de invierno frío.

Cartujo

Fruto de forma cónica perfecta, con calibre uniforme, color rojo brillante, sabor azucarado, ligeramente más precoz que Oso Grande, con curva de producción homogénea durante toda la campaña. Bien adaptado a plantaciones de otoño y de verano. Resistente a la clorosis férrica. La planta es vigorosa, de follaje importante, con flores destacadas del mismo.

Carisma

Variedad muy vigorosa y rústica, capaz de adaptarse a todo tipo de suelos y climas, precoz y muy productiva. El fruto es de forma cónica, a veces acostillada, de gran tamaño y color rojo suave. Se recomienda para plantación en otoño como planta fresca y en verano como planta frigo-conservada (18).

Propagación

Aunque la planta de fresa es perenne, como cultivo se considera anual, o sea que se renueva todos los años. Por ser una planta híbrida, no se utilizan sus semillas para propagarla. Su sistema de crecimiento y formación de nueva coronas y estolones permite una propagación vegetativa rápida y segura. Si se utilizan las coronas, se arrancan plantas de 6 meses o más y se dividen en secciones.

De una sola planta se puede obtener entre 5 y 6 plantas hijas y se debe procurar que cada sección tenga sus propias raíces. La forma más corriente de propagar este cultivo es por medio de estolones. Utilizando este sistema, con un buen material como planta madre y sembrando en la época adecuada, de una sola planta se pueden obtener hasta 100 plantas hijas. La fresa normalmente se propaga por estolones, obtenidos de plantas madre importadas de Estados Unidos que han estado sometidas a largos períodos de frigo conservación, característica que estimula un gran crecimiento vegetativo cuando son llevadas al campo. Si esto se combina con alta temperatura y luminosidad y se siembra en zonas más bajas que las utilizadas para la producción de fruta, el resultado es una mayor proliferación de estolones en menor tiempo.

Lo más recomendable es importar las plantas madre entre enero y febrero, después de que hayan estado por lo menos 2 meses en frigo conservación, y sembrarlas en altitudes menores a 1.500 m.s.n.m., para obtener las plantas hijas en los meses de junio a agosto, que, sembradas inmediatamente, empiezan a producir en diciembre del mismo año. Lo anterior quiere decir que lo recomendable es establecer en lugares a distinta altitud la producción de estolones y la de fruta (13).

División de coronas

No es muy utilizado ya que se emplea en variedades que no estolonizan o estolonizan escasamente, pero que generalmente producen coronas secundarias. Es posible utilizar plantas madre de más de un año. Cuando se han enraizado las coronas secundarias dan origen a nuevos hijuelos bien formados con buenas raíces que se utilizarán en la nueva plantación.

Estolones

Es el método más empleado, consiste en que las plantas madre emitan estolones que enraícen originando plantas hijas, las plantas madre se colocan a distancias de 1.5 a 2 metros entre filas y 0.80 metros entre plantas, a medida que los estolones avanzan es necesario peinarlos con un rastrillo para permitir que todos enraícen al mismo lado de las filas para facilitar las labores de cultivo. Una planta madre puede dar 50 hijas útiles, se recomienda con este método dar un máximo desarrollo a las plantas madre para estimular la formación de un mayor número de estolones.

Micropropagación

La propagación *in vitro* está sustituyendo a los otros métodos, puesto que las plantas son producidas en laboratorios, bajo condiciones especiales, de tal manera que reúnen las mejores condiciones de sanidad, vigor y características genéticas similares a las plantas madre (18).

Sistema de Cultivo de la frutilla

Las plantaciones de frutilla se efectúan de diferentes formas, sistemas y métodos según el medio ambiente y el tipo de suelo, destino de la producción, tamaño de la explotación y grado de mecanización (2).

Sistema ornamental

Bordalesas o tinajas con orificios laterales, pirámides con base poligonal o circular, espalderas. De los sistemas anotados, en el Ecuador las empresas productoras están usando el de cobertura de suelo con plástico negro o transparente.

A esta metodología se la conoce como el —método americano o — Mulch y consiste en formar plataformas elevadas a 0,15m del suelo, de 0,90 a 1,0m de ancho, separadas por caminos de circulación del mismo ancho. Cuando se emplea plástico transparente, primeramente, se planta en doble fila sobre las platabandas, o en cualquier otro método, luego manual o mecánicamente se coloca la lámina de plástica en la cual se hallan orificios trazados convenientemente por donde se hacen pasar las plantitas.

Si se trata de plástico negro, primeramente, se extiende la lámina y luego se hacen los orificios con herramientas adecuadas para proceder a la siembra de las plantas. En todos los casos la lámina debe estar bien estirada, sin depresiones, para evitar la acumulación de agua de lluvia, que puede provocar la pudrición del fruto. La Plantación se la realiza en platabandas o camellones que pueden ser de diferentes anchos, dependiendo del tipo de riego a emplear, pueden llevar uno o dos o cuatro hileras sobre ellas. Se preparan con un suelo que tenga buena humedad. Después de hacer los surcos se recomienda pasar un rodillo para deshacer los terrones y dar la firmeza necesaria para que no se desmoronen (9).

Sistema de cultivo en contenedores verticales de PVC

Innovado en la República Árabe de Egipto e implementado y mejorado, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca- Bolivia.

Este sistema de cultivo es una unidad productiva transportable que consiste en la disposición de plantas sobre tubos verticales de PVC, en diferentes niveles, muy recomendable para especies hortícolas como: frutilla, tomillo, orégano, salvia, espinaca, etc. Es una Técnica de cultivo semi aeropónico (plantas no están en contacto con la superficie de la tierra (3).

Sistema de cultivo en columnas de bandeja de plástico tipo “Columnar Moshé”

Innovado en la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Mayor, Real Y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca-Bolivia. Consiste en la disposición de plantas en 6 bandejas de plástico, superpuestas unas con otras, recomendable para especies hortícolas como la lechuga, albahaca, frutilla, escarola, perejil, tomillo, orégano, salvia, espinaca, berro, etc. Con este sistema de cultivo, se optimiza el recurso hídrico, como también el espacio volumétrico de la cubierta plástica (4).

Sistema de cultivo en contenedores horizontales de PVC Tipo espaldero Moshé”

Sistema de cultivo, innovado y ejecutado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca-Sucre En esta técnica, la posición de las plantas está en tubos de PVC, dispuestos horizontalmente en cuatro niveles superpuestos (estructura espaldera). Recomendable para el cultivo de frutilla (*Fragaria spp*). El sistema de riego y drenaje está incorporado en la batería de producción (5).

Sistema de cultivo en contenedores horizontales, con armazón de fierro y mangas de polietileno tipo “Espaldero Moshé”

Innovado y presentado en la 2da Feria Exposición de Ciencia, Tecnología e innovación —San Francisco Xavier 2006. Tomando en cuenta la escasez permanente del líquido elemental para la supervivencia de los seres vivientes, es necesario ofertar a los productores agrícolas paquetes tecnológicos que de alguna manera aporten en la optimización del uso del recurso hídrico, como también maximización del espacio volumétrico de la cubierta plástica, en este sentido la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, por intermedio de la Facultad de Ciencias Agrarias, innova el Sistema de Cultivo en contenedores horizontales tipo —Espaldero, donde las plantas de las especies hortícolas están situadas en contenedores horizontales, en cuatro niveles, obteniéndose de esta manera rendimientos muy altos por superficie de cubierta plástica, este sistema de cultivo, es muy recomendable para las especies: frutilla, lechuga, escarola, orégano, salvia, espinaca, etc. (6).

Sistema de cultivo en mangas de polietileno

Sistema de cultivo, presentado en la 3ra Feria Exposición de Ciencia, Tecnología e innovación —San Francisco Xavier 2007. En forma permanente cuando se trata de cultivos a campo abierto, generalmente se presenta contaminación de plagas y enfermedades por el contacto directo de los frutos con la superficie de la tierra, como también por el sistema de riego aplicado. En este sentido, el sistema de cultivo en mangas de polietileno, los frutos quedan sobre la superficie de la tierra, obteniéndose de esta manera frutos de alta calidad sanitaria (7).

Época de siembra

Cuando se dispone de facilidades de riego, las siembras pueden efectuarse durante todo el año, sin embargo, las épocas se determinan de acuerdo con los requerimientos del mercado, tratando de programar, la superficie de siembra, el periodo de mayor cosecha tanto para atender al mercado en fresco y en congelado y desde luego la capacidad de manejo de las plantas de recepción y procesamiento de la fruta.

Plantaciones de verano: Se efectúa desde diciembre hasta principios de marzo dependiendo de la variedad. Como esta plantación se hace en pleno verano con plantas que han permanecido por seis meses en frigorífico, se debe mantener una muy buena humedad mediante riegos continuos y superficiales, de preferencia por aspersión, para lograr un buen establecimiento.

Las primeras flores aparecen a los siete u ocho semanas después de la plantación, pero conviene estimular estas flores para estimular el crecimiento de las plantas. La segunda floración que empieza en agosto o septiembre, dependiendo de la localidad en que se explota comercialmente. Plantaciones de Invierno: Aunque se planta entre abril y mayo se denomina de invierno porque las plantas crecen en esta estación. Recomendado para las zonas costeras con clima suave, libre de heladas, las plantas deben provenir de viveros donde las bajas temperaturas ocurren temprano y las plantas entran en receso antes.

El éxito de esta plantación depende del desarrollo de las plantas en los días cortos de invierno: mayo, junio y julio. Si se logra el crecimiento de un buen número de hojas en esos meses, hay mayores posibilidades de alta producción en los meses de septiembre-octubre.

En este sistema se explota en forma comercial la primera floración que se produce a los dos meses de establecido el frutillar, por lo que es muy importante que la zona a plantar esté libre de heladas. La fruta que se produce en este tipo de plantación es más precoz y de gran calidad principalmente porque se produce en plantas jóvenes y aun cuando el rendimiento es menor se obtendrán buenos precios.

Métodos de trasplante

Cuando se tiene las plantas de los viveros, se las transporta al sitio definitivo para ser trasplantadas mediante dos métodos de siembra: a raíz desnuda o con pequeños panes de tierra; se los coloca en los orificios de la cubierta plástica, de tal forma que queden cubiertas hasta el cuello de la raíz. Cuando la corona queda suelta o muy superficial, las primeras hojas se presentarán encrespadas y amarillas, síntomas que pueden ser confundidos con ataques de virus.

Las plantas deben haber cumplido de 8 a 12 semanas de edad, es decir deben estar en el mejor estado para soportar las condiciones adversas en el campo. No debe plantarse el mismo terreno nuevamente con frutillas a menos que se fumigue (18).

Por el tipo de crecimiento de la planta de fresa, la producción constante de tallos hace que la planta tome una forma de macolla en donde se acumula gran cantidad de hojas y ramas muertas, consecuencia también del calor producido por la cobertura de polietileno negro. Esta hojarasca retiene humedad que facilita el ataque de hongos a la fruta y además dificulta la aplicación de plaguicidas, por lo que es necesario eliminarla mediante un apoda de limpieza.

La poda debe realizarse después de los ciclos fuertes de producción; se quitan los racimos viejos, hojas secas y dañadas y restos de frutos que quedan en la base de la macolla. Se debe tener cuidado de no maltratar la planta y no se debe podar antes de la primera producción.

Al aumentar la penetración de luz a las hojas, así como la ventilación, se acelera la renovación de la planta, facilita la aplicación de plaguicidas y previene el ataque de hongos en la fruta (15).

Exigencias agroclimáticas

Clima

La fresa es un cultivo que se adapta muy bien a muchos tipos de climas. Su parte vegetativa es altamente resistente a heladas, llegando a soportar temperaturas de hasta $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, aunque los órganos florales quedan destruidos con valores algo inferiores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al mismo tiempo son capaces de sobrevivir a temperaturas estivales de $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los valores óptimos para una fructificación adecuada se sitúan en torno a los $15\text{-}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de media anual.

Temperaturas por debajo de $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por frío, en tanto que un tiempo muy caluroso puede originar una maduración y coloración del fruto muy rápida, lo cual le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización.

La pluviometría mínima requerida en secano se sitúa en torno a los 600 mm, en regadío es necesario aportar en nuestras latitudes del orden de 2000 mm durante el ciclo del cultivo otoñal (17).

Aunque la frutilla por su centro de origen prefiere climas frescos, se adapta a los ambientes más diversos, desde los sub-árticos y subtropicales a las zonas cálidas desérticas y desde el nivel del mar a las elevadas latitudes del continente americano (18).

Temperatura

Se cultiva en zonas desde 1.200 hasta 2.500 m.s.n.m. La temperatura óptima para el cultivo es de $15\text{ a }20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el día y de $15\text{ a }16\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la noche, temperaturas por debajo de $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por el frío, en tanto que un clima muy caluroso puede originar una maduración y una coloración del fruto muy rápida, lo cual le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización (23).

Humedad

La humedad relativa más o menos adecuadas es de 60 y 75 %, cuando es excesiva permite la presencia de enfermedades causadas por hongos, por el contrario, cuando es deficiente, las plantas sufren daños fisiológicos que repercuten en la producción, en casos extremos las plantas pueden morir (23).

La planta de fresa es termo y foto periódica, o sea que su crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura. Las altas temperaturas y los días largos (más de doce horas de luz) provocan crecimiento vegetativo excesivo; las bajas temperaturas y días cortos inducen floración. Por eso en Costa Rica, aun cuando se le puede ver creciendo desde 600 m o menos, la zona apta para producción de fruta se ubica entre los 1.300 y 2.000 m.

En condiciones, donde todos los días tiene menos de 12 horas de luz, el factor determinante para producir fruta es la temperatura óptima que en promedio de 14 °C, pero se adapta bien entre los 10 y 20 °C. (17).

Viento

Si la presencia de vientos es significativa se puede contrarrestar su acción plantando cortinas o rompevientos de unas 2 o 3 hileras de especies forestales de comprobada adaptación a los suelos y clima en que se cultiva frutilla (1).

Pluviometría

La frutilla es un cultivo muy exigente en agua, una buena disponibilidad de este recurso representa la base necesaria para un cultivo rentable, en zonas donde las lluvias son insuficientes o mal distribuidas con relación al ciclo de la planta.

Se considera un consumo hídrico de 400 - 600 mm anuales posee la mayor parte de sus raíces en la zona superficial y absorbe la mayor parte de sus necesidades de agua de los primeros 30-40 cm de profundidad (19).

La frutilla, es un cultivo muy exigente al recurso hídrico, una buena disponibilidad de este recurso representa la base necesaria para un cultivo rentable, en zonas donde las lluvias son insuficientes o mal distribuidas con relación al ciclo de la planta (9).

Se considera que un fresal tiene un consumo hídrico de 400 – 600mm anuales, cifra muy semejante a la de un cultivo de melón que extrae agua de una capa del suelo de unos 100cm de espesor, mientras que la frutilla tiene la mayor parte de sus raíces en la zona superficial y absorbe la mayor parte de sus necesidades de agua de los primeros 30 – 40cm de profundidad (23).

Requerimiento de suelo

La frutilla se adapta a suelos de diversas características, pero se desarrolla en forma óptima en aquellos con textura franco-arenosa o areno-arcillosa. En el caso de suelos arenosos se debe disponer de la humedad suficiente.

El pH óptimo es de 6.5 a 7.5, aunque en suelos con pH de 5.5 a 6.5, no presenta problemas. Idealmente, el suelo debe tener altos niveles de materia orgánica entre 2 y 3%. Se deben evitar los suelos salinos, con concentraciones de sales que originen conductividad eléctrica en extracto saturado superiores a 1mmhos/cm, ya que, niveles superiores pueden originar disminución en la producción.

A demás, es muy sensible a la presencia de cal (carbonato de calcio), sobre todo a niveles superiores al 6%, desarrollando una clorosis consecuente (14).

Es muy difícil e incorrecto entregar una fórmula de fertilización de un frutillar, sin embargo, distintas investigaciones han evidenciado que la proporción de N: P: K que requiere un frutillar es 1: 0.8: 1.8. En general las dosis de fertilizantes sugeridas para las distintas situaciones son: 150-250 Kg N/ha, 90-180 Kg P₂O₅/ha y 270-400 kg K₂O/ha. El N en exceso es altamente tóxico en frutilla, por lo cual se debe evitar aplicar más de 30 Kg/ha por aplicación (18).

El equilibrio químico de los elementos nutritivos se considera más favorable que una riqueza elevada de los mismos. La granulometría óptima del suelo para cultivos de frutilla aproximadamente es 50% de arena silíceo, 20% de arcilla, 15% de calizas, 5% de materia orgánica (1).

Las características fisicoquímicas son: pH de 5.5 a 6.5. Niveles de mat. orgánica de entre 2 y 3%, la relación carbono-nitrógeno (C/N) óptimo es 10, con ello se asegura una buena evolución de la materia orgánica aplicada al suelo, así mismo se deben evitar los suelos salinos con concentraciones de sales que originan conductividad eléctrica en extracto saturado superiores a 1mmhos/cm., puede empezar a originar disminución en la producción de la frutilla. Además, la frutilla es muy sensible a la presencia de caliza activa, sobre todo a niveles superiores al 6%, valores superiores provocan el bloqueo del hierro y la clorosis consecuente (9).

La influencia del suelo, su estructura física y contenido químico es una de las bases para el desarrollo del fresón. Éste prefiere suelos equilibrados, ricos en materia orgánica, aireados, bien drenados, pero con cierta capacidad de retención de agua. El equilibrio químico de los elementos nutritivos se considera más favorable que una riqueza elevada de los mismos. Niveles bajos de patógenos son igualmente indispensables para el cultivo. La granulometría óptima de un suelo para el cultivo del fresón aproximadamente es:

- 50% de arena silícea 20% de arcilla.
- 15% de calizas.
- 5% de materia orgánica.

En definitiva, un suelo catalogado como arenoso o franco-arenoso y homogéneamente profundo se acercaría al ideal para nuestro cultivo.

En cuanto a las características fisicoquímicas que debe reunir el suelo de un fresal se tiene: pH: la fresa soporta bien valores entre 6 y 7. Situándose el óptimo en torno a 6,5 e incluso menor. Materia orgánica: serían deseables niveles del 2 al 3% C/N: 10 se considera un valor adecuado para la relación carbono/nitrógeno, con ello se asegura una buena evolución de la materia orgánica aplicada al suelo.

Sales totales: hemos de evitar suelos salinos, con concentraciones de sales que originen Conductividad Eléctrica en extracto saturado superiores a 1mmhos/cm puede empezar a registrarse disminución en la producción de fruta.

Caliza activa: el fresón es muy sensible a la presencia de caliza activa, sobre todo a niveles superiores al 5%. Valores superiores provocan el bloqueo del Hierro y la clorosis consecuente (17).

Como la planta de fresa tiene un sistema radical que en un 80% ó más se ubica en los primeros 15 cm del suelo, los suelos para el cultivo de fresa no tienen que ser muy profundos; deben ser livianos, preferiblemente arenosos y con muy buen drenaje. Los suelos volcánicos con buen contenido de materia orgánica, típicos de las partes altas del Valle Central, se comportan en buena forma para este cultivo. En pH debe estar entre 5.5 a 6.5 y el suelo debe tener buena fertilidad (15).

Abonado

El fresón, es una planta exigente en materia orgánica, por lo que es conveniente el aporte de estiércol de alrededor de 3 kg/m², que además debe estar muy bien descompuesto para evitar favorecer el desarrollo de enfermedades y se enterrará con las labores de preparación del suelo. En caso de cultivarse en suelos excesivamente calizos, es recomendable un aporte adicional de turba de naturaleza ácida a razón de unos 2 kg/m², que se mezclará en la capa superficial del suelo con una labor de fresadora. Se deben evitar los abonos orgánicos muy fuertes como la gallinaza, la palomina, etc.

Como abonado de fondo se pueden aportar alrededor de 100 g/m² de abono complejo 15-15-15. En riego por gravedad, el abonado de cobertera puede realizarse de la siguiente forma: al comienzo de la floración, cada tercer riego se abona con una mezcla de 15 g/m² de sulfato amónico y 10 g/m² de sulfato potásico, o bien, con 15 g/m² de nitrato potásico, añadiendo en cada una de estas aplicaciones 5 cc/m² de ácido fosfórico. De este modo, las aplicaciones de N-P-K serán las siguientes:

- 20 g/m² de nitrógeno (N).
- 10 g/m² de anhídrido fosfórico (P₂O₅).

- 15 g/m² de óxido de potasa (K₂O).

Posteriormente, aproximadamente 15 días antes de la recolección, debe interrumpirse el abonado. En fatigación, el aporte de abonos puede seguir la siguiente programación:

- Aplicar en abonado de fondo unos 100 g/m² de abono complejo 15-15-15.
- Regar abundantemente en la plantación.

A continuación, y hasta el inicio de la floración, regar tres veces por semana, aportando las siguientes cantidades de abono en cada riego:

- 0,25 g/m² de nitrógeno (N).
- 0,20 g/m² de anhídrido fosfórico (P₂O₅).
- 0,15 g/m² de óxido de potasa (K₂O).
- 0,10 g/m² de óxido de magnesio (MgO), en caso necesario.

A partir de la floración y hasta el final de la recolección, regar diariamente, abonando tres veces por semana con las siguientes cantidades:

- 0,30 g/m² de nitrógeno (N).
- 0,30 g/m² de óxido de potasa (K₂O).

Dos veces por semana se aportará fósforo, a razón de 0.25 g/m² de anhídrido fosfórico (P₂O₅).

En caso de escasez de magnesio en el suelo, aplicar una vez por semana 0.10 g/m² de óxido de magnesio (14).

Como en cualquier cultivo la fertilización adecuada asegura más y mejores rendimientos. En el caso de la frutilla se debe prestar atención al uso de nitrógeno, dado que el exceso de éste además de provocar necrosado de las hojas del cultivo, lo que hace a este susceptible a enfermedades, principalmente *Botritis (Botrytis cinerea)* (15).

Es muy difícil e incorrecto entregar una fórmula de fertilización de un frutillar, sin embargo, distintas investigaciones han evidenciado que la proporción de N: P: K que requiere un frutillar es 1: 0.8: 1.8. En general las dosis de fertilizantes sugeridas para las distintas situaciones son: 150-250 Kg N/ha, 90-180 Kg P₂O₅ /ha y 270-400 kg K₂O/ha. El N en exceso es altamente tóxico en frutilla, por lo cual se debe evitar aplicar más de 30 Kg/ha por aplicación (18).

Requerimiento hídrico

La fresa es un cultivo muy exigente tanto en las cantidades de agua, muy repartidas y suficientes a lo largo del cultivo, como en la calidad que presente ésta. El cultivo se resiente, disminuyendo su rendimiento, con concentraciones de sales en el agua superiores a 0.8 mmhos. cm.

En un año de climatología normal, esto es, con pluviométrica del orden de 500 o 600 mm y en suelos francos, se estima que son necesarios aplicar unos 350 mm desde noviembre hasta junio, repartidos en un centenar de riegos.

El uso de goteros quedó desde el principio relegado por las cintas perforadas o de exudación. Estas, a pesar de su menor duración, permiten controlar mejor los riegos, distribuyen el agua más uniformemente a lo largo de la línea, creando un bulbo húmedo más continuo, al tiempo que resultan más económicas que los goteros (17).

Se ha estimado que la necesidad de aporte de agua es entre 4.000 a 9.000 m³/ha durante todo el ciclo de cultivo. En la plantación de verano, el riego debe funcionar antes de la plantación y de la colocación del acolchado de plástico; si el clima es muy cálido se aconseja regar incluso dos veces al día, después que las plantas han arraigado se disminuye la frecuencia a 2-3 veces por semana. Es más importante una alta frecuencia de riego que regar con grandes volúmenes de agua. Se pueden usar distintos métodos de riego, pero el más adecuado es el sistema localizado a través de cintas perforadas. Esta cinta tiene una duración de 1-2 años, se coloca al centro de la platabanda y requiere de baja presión de riego 0.3-0.5 Atmósferas (18).

Los factores a tener en cuenta al momento de regar el cultivo son: suelo, clima, estado del cultivo y el sistema de producción. Para saber cuánto regar se requiere tener información sobre cultivo y clima.

El riego es un actor fundamental en la producción de fresas. En las principales zonas de producción, se dan dos épocas muy bien marcadas: la seca, de diciembre a abril, y la lluviosa de mayo a noviembre. La principal cosecha se inicia en noviembre o diciembre y la planta se mantiene en producción durante toda la época seca; por eso para aprovecharla es determinante contar con un adecuado sistema de riego. Debido al uso de coberturas de suelo, sólo se utilizan los sistemas de riego por aspersión o por goteo. Cuando es por aspersión, se prefieren aspersores pequeños y de gota fina para no afectar la floración. El sistema de riego por goteo que ha dado mejores resultados es el de manguera tipo "by wall" con doble pared y con salidas de agua cada 25 cm. Con este sistema basta una sola manguera por cada era de 70 cm de ancho.

Fertigación

El sistema radicular de la frutilla se desarrolla principalmente en los primeros 0,30 m del suelo, por lo que hay que cuidar la humedad en la zona de raíces.

Los momentos críticos de este cultivo son: inmediatamente después del transplante; en la formación de botones florales; y durante la floración y fructificación.

El requerimiento de agua durante la cosecha oscila entre los 20 y 25 mm por semana. En caso de utilizar fertigación el mismo no debe superar 1 dS/m de conductividad eléctrica del agua de riego, para evitar disminución de rendimiento (15).

Plagas y enfermedades

Arañita roja *Tetranychus urticae*

La araña roja se presenta en cualquier momento, aunque su daño es más severo durante la época seca. Las hojas toman un color bronceado y la planta no crece. En el envés de las hojas afectadas se pueden encontrar arañitas muy pequeñas que se mueven. El daño aparece primero en las hojas viejas.

El combate se debe hacer con los productos acaricidas adecuados y sobre todo bien aplicados, ya que frecuentemente, se convierte en un problema muy serio porque no se hacen las aplicaciones en forma correcta. Debe mojarse muy bien la planta afectada, sobre todo por el envés de las hojas. Cuando las plantas están en cosecha, los productos recomendados son: el dicofol (Kelthane) y el propargite (Omite). Si no hay fruta pueden usarse otros como el oxitioquinox (Morestan) en la dosis indicada en la etiqueta.

Thrips (*Frankliniella occidentalis*)

Dañan con su estilete las flores y los frutos, llegando a deformarlos como reacción a su saliva tóxica. Debe prevenirse su ataque atendiendo al número de formas móviles por flor, suelen aparecer con tiempo seco, aumentando su población con la elevación de las temperaturas. Se conocen efectivos depredadores naturales de *Thrips*, como son *Orius* spp. y *Aléothrips intermedius*.

Oidio (*Oidium fragariae*)

Se manifiesta como una pelusa blanquecina sobre ambas caras de la hoja. Prefiere las temperaturas elevadas, de 20 a 25 °C, y el tiempo soleado, deteniendo su ataque en condiciones de lluvia prolongada. Persiste durante el invierno en estructuras resistentes como peritecas.

Mancha púrpura (*Mycosphaerella fragariae*)

Aparece como una mancha circular de 2 a 3 mm de diámetro sobre la hoja. Se dispersa por medio de ascosporas y de esporas, con temperaturas suaves y alta humedad relativa.

Hongos del suelo

Son varios los hongos que afectan a la planta desde su sistema radical o zona cortical del cuello, entre éstos se tiene *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia* spp., *Rhizopus* spp., *Pythium* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp. y *Penicillium* spp.

En caso de no practicarse una fumigación previa al suelo, el cultivo se expone en gran medida al ataque de estos hongos parásitos, pudiendo llegar a ser dramáticas las consecuencias.

Bacterias (*Xanthomonas fragariae*)

Ataca principalmente a la hoja, dando lugar a manchas aceitosas que se van uniendo y progresando a zonas necróticas. Se ve favorecida por temperaturas diurnas de alrededor de 20 °C y elevada humedad ambiental.

La fresa tiene gran cantidad de especies. Antes del descubrimiento de América, en Europa se cultivaban principalmente las especies *Fragaria vesca* y *Fragaria alpina*, de tamaño pequeño, pero de excelente calidad organoléptica. Con el descubrimiento de América se encontraron dos nuevas especies de mayor tamaño, una en Chile, *Fragaria chilensis* y otra en Estados Unidos, *Fragaria virginiana*, que, por su tamaño, se les llamó fresones; fueron llevadas a Europa e hibridizadas.

Actualmente estas fresas grandes o fresones dominan el mercado y son producto de una serie de cruces. La planta es pequeña, de no más de 50 cm de altura, con numerosas hojas trilobuladas de pecíolos largos, que se originan en una corona o rizoma muy corto, que se encuentra a nivel del suelo y constituye la base de crecimiento de la planta; en ella se encuentran tres tipos de yemas; unas originan más tallos, que crecen junto al primero, otras los estolones, que en contacto con el suelo emiten raíces y forman nuevas plantas, y el tercer tipo de yemas, forman los racimos florales cuyas flores son hermafroditas y se agrupan en racimos.

Lo que se conoce como fruta de fresa es en realidad un falso fruto, producto de engrosamiento del receptáculo floral; sobre ese falso fruto se encuentran gran cantidad de semillas pequeñas, que son frutos verdaderos llamados aquenios. Las raíces de la fresa son fibrosas y poco profundas.

La planta de fresa es perenne ya que, por su sistema de crecimiento, constantemente está formando nuevos tallos, que la hacen permanecer viva en forma indefinida (17).

Enfermedades virósicas

Existen una serie de enfermedades virósicas que forman un complejo virótico que puede ser limitante para la producción de fresas.

El combate de estas enfermedades en el campo es casi imposible. El mejor método de evitar estos problemas es estar seguro de sembrar plantas sanas y no mantenerlas mucho tiempo en el campo; es por eso que se recomienda que todos los años se renueve el material. Aunque en el país no se han hecho pruebas para determinar la presencia o no de virus, sí se ha observado que los productores que mantienen sus plantas en el campo por dos o más años, ven su producción y la calidad de su fruta fuertemente reducida, por lo que se recomienda cambiarlas (15).

Fisiopatías

En ellas no hay un organismo patógeno como causal, y pueden deberse a factores fisiológicos, físicos o genéticos. Dentro de ellas podemos mencionar:

- Cara de gato o deformidad del fruto.
- Daño por heladas que afecta a flores y frutos.
- Deformidad en el fruto que se debe a características varietales acentuadas por condiciones climáticas adversas, durante los periodos secos.
- Fruta deformada por daño de herbicidas (2-4D), deficiencias de micro-elementos, exceso de nitrógeno, ataque de hongos o insectos que dañan físicamente a la flor, no permitiendo su normal fecundación.
- Albinismo, la fruta se presenta moteada rosada y blanca, la causa se cree puede ser un rápido crecimiento anormal por un exceso de Nitrógeno, problemas climáticos.
- Sequía, la pérdida normal de agua a través de las hojas durante la época seca, combinada con vientos secantes o altas temperaturas, pueden producir un stress y debilitamiento total de la planta, disminución del tamaño del fruto o desecamiento de ellos, dejándolos como pasas.

- Daño por exceso de sales, ya sea en el suelo o en el agua de riego, produce fitotoxicidad notoria en los márgenes de hojas y disminución en el crecimiento (18).

Cosecha

El momento de cosecha depende del destino de la fruta. Si es para consumo inmediato, se cosecha con el 100% del fruto rojo (brillante). Si el consumo no es inmediato, debido al transporte u otro motivo, se debe cosechar con un 50-75 % del fruto rojo.

La fruta debe recolectarse e inmediatamente colocarse en envases especiales con perforaciones que permitan la transpiración e impidan la generación de humedad que desmejorará la conservación del producto.

Para conservar la fruta hasta 10 días se debe realizar un enfriamiento con aire forzado a 2°C y un 90% de humedad.

Recolección

Debido a que la fruta es altamente perecedera, debe cosecharse cada tres días y manejarse con mucho cuidado. Una cosa es lo que la planta de fresa está en capacidad de producir y otra lo que el productor está en capacidad de cosechar y comercializar. En un manejo adecuado de la plantación y sobre todo de la fruta, puede estar la diferencia entre cosechar el 90% ó el 30% de la fruta que la planta produce. Debe empezarse a manejar la fruta desde antes de su formación y su desarrollo, para que llegue en buenas condiciones a la cosecha.

A partir del momento de la cosecha, se inicia otro proceso de gran importancia, como es el de seleccionar la fruta, empacarla, transportarla y almacenarla adecuadamente, para presentar un buen producto en el mercado. Una fruta de fresa cosechada en plena maduración y mantenida a temperatura ambiente se deteriora en un 80% en sólo 8 horas. Por esto debe cosecharse, entre 1/2 y 3/4 partes de maduración y ponerse lo más rápidamente posible en cámaras frías (0-20 °C). La selección de la fruta se hace de acuerdo con el mercado al que se dirige, lo mismo que el empaque. Estas labores se inician en el momento de la cosecha, cuando se separan las frutas de acuerdo con la calidad y se empacan ahí mismos.

Hay tipos diferentes de frutas que se comercializan y en cada uno de estos tipos diferentes categorías:

- Fruta fresca para exportación.
- Fruta fresca para mercado nacional.
- Fruta para industria.

La fruta fresca para exportación es la de mejor calidad. Debe seleccionarse y empacarse debidamente en el mismo momento de la cosecha. La selección se basa en grado de maduración, tamaño, uniformidad y sanidad de las frutas. Estas no pueden ser lavadas ni contener ninguna suciedad o materia extraña. Se separa por tamaños de acuerdo con lo que los compradores pidan, ejemplo: extra grade, grande mediana y pequeña.

Existen normas establecidas para cada tamaño. Así la extragrande es una fruta de un diámetro mayor de 40 mm; la grande de 35 a 40 mm, mediana de 30 a 35 mm y la pequeña de 25 a 30 mm de diámetro. Estas medidas y los nombres de cada calidad pueden variar de acuerdo con la empresa exportadora y al país al que se dirija.

La fruta de exportación se empaqueta primeramente en canastitas plásticas de una pinta con 250 g de fruta, si es para el mercado de Europa, o 400 g si es para el mercado de Estados Unidos. Estas canastitas se empacan en grupos de 6 y 12 en otra caja de cartón, que es la de exportación a Europa o Estados Unidos respectivamente.

La fruta fresca para mercado nacional es aquella que por pequeños defectos de formación o por tener más de 3/4 de maduración, no califica para exportación. Muchas veces por fallas en los sistemas de exportación, toda la fruta de primera calidad se queda en el mercado nacional. El mercado nacional no es muy exigente en cuanto a calidad por lo que, sobre todo en meses de poca cosecha, aún fruta muy pequeña se vende para consumo fresco.

El empaque, que se utiliza en el país es el mismo de canastita plástica para la exportación. No se utiliza la caja de cartón de 12 o 6 canastitas; en vez de eso, para el transporte interno se utilizan cajas de madera con capacidad para treinta canastitas.

Estas canastitas de mercado nacional se cubren con una lámina de polietileno, que se prensa con una pequeña liga. Algunos productores pequeños y en ciertos mercados como las ferias del agricultor, venden fresas en bolsas plásticas, sin ningún tipo de selección y en estado avanzado de deterioro. Esta fruta prácticamente puede considerarse como de uso industrial, aunque se vende como fruta fresca.

La fruta para consumo en fresco no puede ser almacenada, debe mantenerse en cámara fría entre 0 y 20 °C con 85-90% de humedad relativa; aun así, no puede mantenerse más de 4 días antes de ser llevada al mercado.

La fruta de industria es aquella que, por excesiva maduración, defectos de formación, daños no muy severos y tamaño pequeño, no califica para fruta fresca. Se leva, se la quita el cáliz y el pedúnculo y se empaca en bolsas prácticas de 5 kg para ser llevada al mercado. La fruta industrial puede ser congelada y almacenada (15).

Rendimientos

Los rendimientos dependen de varios factores. De acuerdo con las variedades y al manejo que se le haga al cultivo varían entre los 250 y los 1200 gramos por planta.

El cultivo presenta rendimientos crecientes hasta el tercer año y puede aumentar el cuarto si se mantienen las condiciones sanitarias adecuadas. Aunque se pueden encontrar explotaciones de más de 7 años, se recomienda recambiar las plantas y rotar el cultivo cuando aparezcan enfermedades (19).

Cultivos bajo cubierta

Cubierta plástica

Los invernaderos se utilizan para asegurar tanto la alta calidad de los cultivos como el buen rendimiento de la producción. En campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año. El concepto de cultivos en invernadero representa el paso de producción extensa a producción intensa. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas de la raíz a las hojas.

Consiguientemente, los controles de temperatura, humedad relativa, corrientes de aire y de los fertilizantes, y el mantenimiento del nivel de oxígeno cerca de las raíces. Los invernaderos han de ser transparentes para que las plantas reciban la máxima radiación solar requerida para efectuar la fotosíntesis. Cuando una superficie está aislada del exterior por medio de una estructura transparente, un nuevo clima se crea en el interior. El nivel de la radiación interna es inferior al nivel de la radiación externa, dependiendo del tipo de material, de la inclinación del sol y de la nitidez de la superficie transparente.

La radiación interna es la combinación de la radiación directa y de la luz difusa. La radiación directa viene directamente del sol, y la luz difusa es irradiada por la atmósfera. Solamente una parte de la luz (1.5% - 2%), se utiliza durante la fotosíntesis. La mayor parte de la radiación es absorbida por las plantas, la tierra y la estructura. Esta radiación se transforma en el calor que calienta el aire dentro del invernadero.

Esto es una ventaja durante las estaciones frías, ya que permite la creación de unas buenas condiciones de cultivo, sin la necesidad de invertir en calefacción artificial. Sin embargo, durante las estaciones calurosas, las altas temperaturas dentro del invernadero pueden ocasionar daño a los cultivos y a la producción.

Para reducir las temperaturas internas, la cobertura del invernadero debe estar parcialmente abierta a fin de permitir la ventilación. De esta forma el aire caliente sale del invernadero y el aire más frío del exterior entra en él. Si no se instalaran medios especiales de ventilación, la temperatura interna durante el día sería siempre más alta que la externa.

Un elemento negativo es que el nivel de humedad relativa es más alto debido a la presencia de plantas dentro del invernadero. En efecto, la humedad relativa llega a casi 100% cuando la estructura está bien cerrada. Esto puede causar que las plantas enfermen (hongos).

Lo que se busca con los invernaderos es proteger los cultivos de los factores medioambientales (frío, lluvias, granizos, vientos y sol excesivo), y de las plagas. Las películas se fabrican con polietileno y aditivos que le confieren propiedades especiales.

El uso creciente de invernáculos es un ejemplo ilustrativo de cómo la necesidad de superar las limitaciones impuestas por la naturaleza, tales como suelo, clima y agua puede tener influencia sobre las decisiones de política.

Debido a la considerable inversión financiera que implica la construcción y el mantenimiento de los invernaderos, su uso es mayormente para cultivos de alto valor agregado. Sin embargo, los productores siempre buscan métodos para racionalizar sus operaciones y hacerlas más costo-efectivas.

El desarrollo de los invernaderos es particularmente adecuado para la pequeña granja familiar que tiene poca agua disponible.

El invernadero permite ejercer completo control sobre la mayoría de los parámetros de la producción, incluyendo óptima explotación del terreno y cosechas que se extienden a lo largo de todas las estaciones de cultivo.

Los invernaderos se utilizan principalmente para cultivar flores, hortalizas, plantas ornamentales y especias. Recientes experimentos examinan la viabilidad de cultivar árboles frutales en invernaderos, tales como nectarinas, duraznos, nísperos, uvas y bananas, para fines comerciales y en especial para la exportación.

Los rayos caloríferos o infrarrojos no pueden pasar de regreso al exterior a través del material de la cubierta. La temperatura se acumula en el interior de la estructura y alcanza niveles muy por encima de la temperatura exterior, la cual no siempre favorable a la producción. La calefacción adicional, la ventilación controlada y la iluminación artificial contribuyen a regular este microclima (1).

Propósitos de la cubierta plástica

Entre los propósitos que cumple una cubierta plástica podemos mencionar los siguientes:

- Conservación de la humedad del suelo (mejoramiento del equilibrio del agua en los suelos, mediante un buen control de evaporación).
- Aumento de temperatura del suelo, que anticipa la germinación de la semilla.

- Aumento de la temperatura del ambiente, que anticipa la maduración y aumento de rendimiento de las especies agrícolas.
- Evita que las sales se concentren en la superficie del suelo.
- Menor lavado o lixiviación de nutrientes del suelo.
- Protección de la estructura del suelo (evita la formación de la costra superficial).
- Aumento del dióxido de carbono (localización y captación de CO₂, emitido por el suelo al nivel de las plantas en crecimiento.
- Protección de factores climatológicos adversos al desarrollo de los cultivos: vientos, fríos, insolación, granizadas, etc. (27, y 12).

Producción orgánica de hortalizas

Materia orgánica

La materia orgánica es realmente la base de la vida microbiana del suelo, por cuanto constituye a la vez el soporte y el alimento de la inmensa mayoría de los microorganismos del suelo, los cuales se encargan de transformarla mediante sucesivas etapas del estado inicial de materia orgánica fresca al estado final de mineralización, única forma que resulta asimilable para las plantas.

Toda materia orgánica adicionada al suelo experimenta los fenómenos de humificación y mineralización, dando origen los nutrientes necesarios para determinar un desarrollo óptimo de las plantas (2).

Abonos orgánicos

Constituyen cualquier sustancia de origen orgánico (animal o vegetal), que, incorporado al suelo, sirve para modificar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Generalidad sobre los abonos orgánicos

Los abonos se distinguen en orgánicos y minerales, según sean el producto de un proceso de maduración y de transformación de sustancias orgánicas o de un proceso de extracción y de elaboración de componentes minerales.

A su vez, los abonos orgánicos pueden distinguirse en animales, vegetales y mixtos, según procedan de descompuestos animales, de sustancias vegetales o de ambos; en tanto que los minerales pueden ser naturales, si provienen de la naturaleza, y artificiales, preparados por el hombre pudiendo presentarse como: polvos, granulados, cristalinos, líquidos y gaseosos.

Los que contienen un solo elemento fertilizante se denominan simples, en tanto son compuestos o complejos, cuando contienen más de un elemento.

Los abonos orgánicos mejoran la estructura del suelo y la estabilizan. Tienen un papel regulador en cuanto a la humedad del suelo y aumentan su valor nutritivo.

Se distinguen los abonos orgánicos naturales, de origen animal, y los orgánicos de origen vegetal. Los abonos de origen animal son más adecuados para modificar las propiedades químicas del suelo; mientras que los abonos de origen vegetal cambian, sobre todo, sus propiedades físicas (21).

Humus

Recibe el nombre de humus aquella sustancia de tonalidad parda oscura, que se forma en el suelo por la descomposición de los restos orgánicos, tanto animales como vegetales existentes en el mismo, debido a la acción combinada del aire, del agua y de los microorganismos del suelo (21)

Humus de lombrices (*Eisenia foetida*)

Son deyecciones de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida*), cuando viven en el mantillo descrito anteriormente. Se recolectan, hacen secar y se limpian a través de tamices especiales. En la preparación de los suelos, 40 a 50 Kg., de este producto reemplazan 1 m³. de mantillo. También se usa en mezclas con otros sustratos.

El humus de lombrices retiene 20 veces su volumen de agua, y usualmente contiene nitrógeno asimilable (N) 1 a 1.5%; fósforo (P) 0.8 a 1.2%; potasio (K) 0.6 a 1.0; hierro (Fe) 5.000 a 7.500 ppm; cinc (Zn) 200 a 300 ppm; manganeso (Mn) 300 a 400 ppm; materia orgánica 25 a 30%; relación C/N: 12 a 14; pH 7,0 a 7,7; humedad 18 a 35%.

Producción ecológica de hortalizas

La agricultura agroecológica, se encuentra en franca expansión en el mundo, acompañando la creciente tendencia al consumo de alimentos sanos y a la conservación de los recursos naturales, dicha tendencia continuará sostenidamente en el tiempo, generando una firme demanda de este tipo de productos (11).

La agroecología estudia el diseño y mantenimiento de sistemas de producción buscando la sostenibilidad en el largo plazo. Enfatiza el cuidado de los recursos naturales, respetando y promoviendo la biodiversidad para la producción de alimentos sanos, sin utilizar productos químicos como fertilizantes, plaguicidas o herbicidas sintéticos. Busca también rescatar y revalorizar las técnicas de cultivo ancestrales que vinculan a los pueblos con la naturaleza (26).

Se trata de un sistema de producción de alimentos más respetuoso con el medio ambiente, porque favorece la biodiversidad de los ecosistemas, disminuye la contaminación de suelos y aguas y contribuye de manera importante a reforzar el sistema agroalimentario. El principal valor añadido de los productos ecológicos es su respeto al medio ambiente y su compromiso con el desarrollo sostenible (24).

La necesidad de mantener el sistema productivo y preservar el medio ambiente, explica el interés creciente de la sociedad por encontrar sistemas sostenibles, alternativos al sistema industrial actual. Como respuesta a todo ello, se ha experimentado un crecimiento en popularidad de los productos —ecológicos— y de los productos sin conservantes artificiales.

Los consumidores a menudo, perciben los productos ecológicos como productos de mayor calidad y que aportan mayores beneficios para la salud en comparación con los productos no ecológicos, por eso están dispuestos a pagar un mayor precio por ellos (25).

Ventajas de la producción ecológica

Se trata de una actividad agroecológica que intenta respetar el medio ambiente, conseguir un desarrollo sostenible y mantener una diversidad genética del sistema agrario y de su entorno.

Para llegar a lograrlo, se trata de la no utilización de productos químicos, tanto fertilizantes como pesticidas. Utilizando la naturaleza sin romper su ciclo biológico, físico y químico, extrayendo de la tierra lo que esta es capaz de dar sin sobreexplotación con el uso de sustancias contaminantes (22).

La producción ecológica, también va dirigida a los que se preocupan por la salud y por lo tanto cuidan su alimentación, asimismo, se enfoca a la obtención de alimentos con mayor sabor, ya que tiene mayor contenido de materia seca, gracias a la fertilización con materia orgánica. Sin olvidar que este tipo de producción va evolucionando año tras año, con el cual se podría conseguir un cierto equilibrio en la naturaleza (24).

Los alimentos ecológicos, al prescindir de sustancias químicas de síntesis, evitan la contaminación del aire, suelo y agua, que originan los fertilizantes solubles como los nitratos, o los pesticidas. Este entorno más limpio, unido a técnicas culturales más respetuosas, genera un aumento de la actividad biológica del suelo, de su fertilidad, evita la erosión y contribuye a aumentar biodiversidad asociada a los ecosistemas agrarios (26).

Indirectamente la producción ecológica, contribuyen al desarrollo de las zonas rurales, permite una diversificación de las producciones y el aumento del valor añadido del producto final. Además, los análisis ponen de manifiesto que la agricultura ecológica requiere un mayor volumen de trabajo, por lo que genera empleo en las zonas rurales. Los alimentos ecológicos fomentan la sostenibilidad medioambiental y social (22).

Materiales y métodos

Materiales e insumos

Para la concretización de la optimización del recurso hídrico, con cultivo ecológico de especies hortícolas, en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo Modelo Anillar Moshéll, bajo una estructura de caballete, se utilizaron los siguientes materiales e insumos:

- Plántulas de Frutilla Variedad Chandler, en una cantidad de 64.
- Mangas de polietileno negro de 30 cm de ancho por 1.5m de largo de 100 micrones.
- Vigas de madera 3" x 2".
- Pernos, cañería de 1/2" (opaco).
- Tubo Berman de 1/2"
- Humus de lombriz.
- Tierra de cultivo.
- Arena.

En el presente trabajo de investigación, se utilizó la especie hortícola de frutilla (*Fragaria* spp), Vd. Chandler), esta elección se efectuó, muy especialmente por el hecho de las constantes modificaciones de fechas de realización de las exposiciones feriales.

Trabajo metodológico

Para la producción ecológica de frutilla (*Fragaria* spp), con la optimización del recurso hídrico, se recomienda instalar el cultivo, aplicando el sistema semi aeropónico en mangas de polietileno, bajo una estructura de caballete, tomando en cuenta los siguientes pasos secuenciales:

Técnica de instalación Construcción de armazón de madera

Se debe iniciar con la construcción de un armazón de madera u otro material, tomando en cuenta las siguientes medidas: Largo 1.5 m, alto 1.55 m, ancho base inferior 1.15 m y ancho superior 0.45 m, con 4 escalones, el primer escalón a 15 cm de la base y el resto a 40cm cada escalón. (figura 10).



Figura 2 Preparación de Armazón de madera (tipo caballete)

Preparación de mangas de polietileno

Preparar el trasplante de plántulas de frutilla, previamente se preparó las mangas de polietileno con las siguientes medidas: Largo 1,5m, sellando los extremos de la manga, en uno de los extremos y en la parte inferior se dejó una abertura para el sistema de drenaje, posteriormente, se realizó las perforaciones de la manga a cada 20 cm de distancia con un diámetro de 15 cm.



Figura 3 Preparación de mangas de polietileno (trazado y corte)

Preparación de sustrato

Para rellenar las mangas, se preparó sustrato activo, tomado en cuenta la siguiente dosificación: 20% de humus de lombriz.

- 30% de arena bien lavada.
- 50% de tierra de cultivo.

Nota: De acuerdo con la existencia de materiales en la zona de producción, se puede utilizar otros tipos de preparación de sustratos.

Desinfección del sustrato

La desinfección del sustrato se realizó mediante la solarización, posteriormente aplicando agua hervida. (Figura 4)



Figura 4 Desinfección física del sustrato activo

Llenado de los contenedores

Por las perforaciones, se efectuó el llenado del sustrato preparado y desinfectado.

Para la sujeción y formación cilíndrica de la manga, se utilizó arcos de alambre galvanizado No. 9, que se colocó cada 30 cm de distancia.

El llenado de las mangas se realizó utilizando un recipiente con salida muy angosta, colocándose estas mangas sobre una tabla, para mantener en forma horizontal las mangas con sustrato.

Esta operación del llenado de las mangas se debe efectuar con sumo cuidado. (Figura 5).



Figura 5 Llenado de las mangas de polietileno

Posteriormente, se debe colocar las mangas con sustrato en el armazón de madera, formando una batería de producción, bajo una estructura de caballete.

Instalación del sistema de riego

Para la optimización del recurso hídrico, se instaló el sistema de riego por goteo —Método Anillar, innovación presentada en la 1ra. Feria de Ciencia y Tecnología de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca año 2005.

Instalación del sistema de drenaje

Para evitar el anegamiento de los contenedores, en las mangas de los polietilenos, se dejó perforaciones en la base de uno de los extremos, tomando en cuenta que de los ocho contenedores colocados en la estructura de caballete deben drenar a un recipiente, para su correspondiente reciclaje.

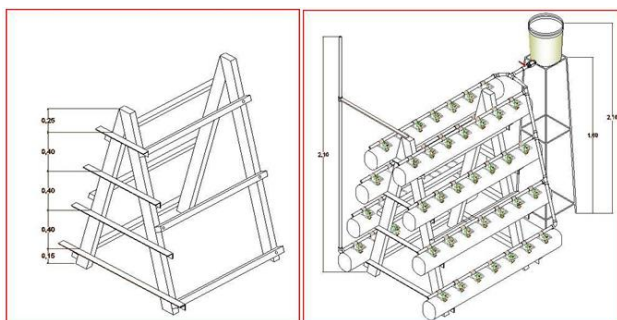


Figura 6 Detalle de una batería de producción de frutilla (*Fragaria* spp).

Trasplante

Una vez concluida la instalación ya se puede realizar el trasplante de las plántulas de frutilla, con un distanciamiento de 20 cm entre plantas.



Figura 7 Labores culturales (trasplante)

Labores culturales

De acuerdo con el requerimiento del cultivo, se realizó diferentes trabajos culturales, como ser: refallos, mondas, despimpollado, receptado, control fitosanitario, etc.

Resultados y discusión

El cultivo ecológico de frutilla, en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo Modelo —Anillar Moshé, bajo una estructura de caballete, presenta los siguientes resultados:

- Por la reducida superficie de exposición de las aberturas, la baja evaporación del recurso hídrico influyó, que los intervalos de riego fueron cada 10 días, optimizándose de esta manera el recurso hídrico, por otra parte la optimización del líquido elemental, también es efectiva por el reciclaje utilizado, debido a la instalación del sistema de drenaje (cuadro No. 1 anexos).
- Por el número de plantas existentes por superficie de cubierta, en comparación con el cultivo tradicional de frutilla bajo cubierta, con este sistema de cultivo se tiene una alta optimización del espacio volumétrico de cubierta. En forma tradicional por hectárea se tiene 48000 plantas y en el sistema innovado se tiene por hectárea de superficie cubierta de 106400 plantas o sea un 121,7 % más que el cultivo tradicional (cuadro No. 2 anexos).
- Asimismo, por el punto anterior, podemos mencionar, por superficie cubierta se obtiene mayor rendimiento de fruto (cuadro No. 3 anexos).

- Otro resultado observado, ha sido la no presencia de malezas, por la poca superficie expuesta, minimizando de esta manera labores culturales.
- Por los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada en esta innovación, o sea, que utilizando mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo Modelo —Anillar Moshé, bajo una estructura de caballete, se optimiza el recurso hídrico y permitirá una producción ecológica, continua e intensiva de especies hortícolas.

Discusión

- La optimización del recurso hídrico obtenido en el presente trabajo, se podría atribuir a la baja evaporación por la reducida exposición de superficie de los contenedores.
- La alta densidad de plantación en la estructura de caballete, es el resultado de la superposición de contenedores, formando baterías de producción de 4 niveles por 2 lados.
- En función al punto anterior, el cultivo de frutilla (*Fragaria spp*), bajo la estructura de Caballete, presenta alto rendimiento por superficie de cubierta plástica.
- Al no existir presencia de malezas en la batería de producción de frutilla bajo la estructura de caballete, se reduce considerablemente las labores culturales.

Conclusiones

En función a los resultados obtenidos se tiene las siguientes conclusiones:

Aplicando el sistema de cultivo de frutilla en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo modelo —Anillar Moshé, bajo una estructura de caballete, se obtiene una alta optimización del recurso hídrico.

Con la implementación de baterías de producción bajo una estructura de caballete, se obtiene mayor número de plantas por superficie, por lo tanto, mayor optimización del espacio volumétrico de la cubierta plástica.

Por la alta densidad de plantación por superficie de cubierta plástica de la especie de frutilla (*Fragaria spp.*), se verifica mayor rendimiento en comparación del sistema de cultivo tradicional.

La carencia de malezas en los contenedores horizontales, por espacio reducido de exposición, ha permitido la reducción de labores culturales.

Finalmente, por el sistema de cultivo en estructuras de caballete, de ninguna manera se daña el medio ambiente, por lo tanto, el producto obtenido en ecológico.

Agradecimientos

A la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, por permitirme efectivizar innovaciones agrícolas, muchas veces no comprendidas.

A mis queridos colegas de la Facultad de Ciencias Agrarias, por compartir gratos momentos de análisis del quehacer agropecuario.

Referencias

- 1) Abi sade. (1997). Cultivo bajo condiciones Forzadas- Nociones Generales. Tel Aviv-Israel.
- 2) Arias, A. Y luna, E. (1993). Relevamiento de invernáculos para cultivos hortícolas en la provincia de Entre Rios-Paraná.
- 3) Calderón, Q. Moisés. (2005). Cultivo en contenedores verticales de PVC. Información Técnica No 1. Innovaciones Hortícolas. Consejo Editorial. U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre-Bolivia.
- 4) Calderón, Q. Moisés. (2005). Cultivo en columnas de bandejas de plástico tipo —Columnar Moshé. Información Técnica No 2. Innovaciones Hortícolas. Consejo Editorial. U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre-Bolivia.

- 5) Calderón, Q. Moisés. (2005). Cultivo en contenedores horizontales de PVC tipo —Espaldero Moshél. Información Técnica No 3. Innovaciones Hortícolas. Consejo Editorial. U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre-Bolivia.
- 6) Calderón, Q. Moisés. (2006). Cultivo de frutilla (*Fragaria spp*), bajo el sistema de contenedores horizontales tipo —Espaldero. Información Técnica No 6. Innovaciones Hortícolas. U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre-Bolivia. (ha publicarse).
- 7) Calderón, Q. Moisés. (2007). Cultivo de frutilla (*Fragaria spp*), en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo método —Anillar Moshél. Información Técnica No 7. Innovaciones Hortícolas. U.M.R.P.S.F.X.CH. Sucre-Bolivia. (ha publicarse).
- 8) Cinadco (2001). Producción de hortalizas en diferentes condiciones ambientales. MASHAV, Shefain-Israel.
- 9) Fersini Antonio. (1979). Horticultura práctica. Ed. DIANA. México. Figueira, F. R. (1984). Manual de olericultura. Ed. Ceres. Sao Paulo. Gonzales, Joaquín (2002). Agricultura ecológica. Buenos Aires-Argentina.
- 10) Holle, Miguel Y Montes, Alfredo. (1982). Manual de enseñanza práctica de producción de hortalizas. Ed. IICA. Costa Rica.
- 11) Ibarra, L. Y Rodríguez. (1976). Manual de Agro plásticos: Acolchado de Cultivos Agrícolas. Centro de Investigaciones en Química aplicada. México.
- 12) López, M. Ángel (2002). Agricultura Alternativa. Costa Rica.
- 13) Nathan, Roberto. (1997). La fertilización combinada con el riego. Ed. MASHAV. Tel Aviv-Israel.
- 14) Pinto, Romero. Manuel. (2004). Producción Ecológica de Alimentos. Bogotá-Colombia. Muller, Robert. (2005). Alimentos ecológicamente tratados. México.
- 15) Sánchez, Matín. (2002) Abonos Verdes. Santiago-Chile.
- 16) Terranova Editores. (1995). Producción Agrícola 1. Ed. Panamericana. Colombia. Terranova Editores. (1995). Producción Agrícola 2. Ed. Panamericana. Colombia.

Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas

Energy simulation of a social interest housing prototype to evaluate thermal comfort

FLORES, Víctor†, ROJAS, Jesús, TORRES, Rodrigo, VALLEJOS, Rolando, FLORES, Paola y FLORES, Mariana

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Ciencias Agrarias, Calle Calvo N° 132, Sucre, Bolivia.

ID 1^{er} Autor: *Víctor, Flores*

ID 1^{er} Coautor: *Jesús, Rojas*

ID 2^{do} Coautor: *Rodrigo, Torres*

ID 3^{er} Coautor: *Rolando, Vallejos*

ID 4^{to} Coautor: *Paola, Flores*

ID 5^{to} Coautor: *Mariana, Flores*

DOI: 10.35429/JCE.2020.12.4.44.49

Recibido 20 de Julio, 2020; Aceptado 30 de Diciembre, 2020

Resumen

Este trabajo de investigación es realizado con la finalidad de utilizar desechos plásticos —PETI (Tereftalato de Polietileno), procedente de envases descartables y otros residuos utilizados en la elaboración de morteros para la fabricación de elementos constructivos. Los residuos se trituraron e incorporaron a una mezcla de cemento con un aditivo químico, para mejorar la resistencia, con esta mezcla se fabricaron ladrillos y tejas las cuales presentaron menor peso unitario, absorción aceptable y resistencias acordes a las exigidas por normas. Este proyecto permite poner en práctica la consigna de las tres R, reducir, reutilizar y reciclar.

Elementos constructivos, plástico reciclado, contaminación ambiental

Abstract

This investigation was carried out to learn about the use of plastic refuse —PETI (Tereftalato of Polyethylene), coming from plastic containers and other plastic residuals, to make mortars that can be used for fabricating constructive elements. Plastic residuals were crushed and put in a combination of cement and a chemical additive that improved the mortar's resistance. Many bricks and tiles were fabricated with this combination; a lot of them have presented less unitary weight, acceptable absorption and good resistances in agreement with required rules. The following research allows the use of three R's, recycling, reducing, and reusing, which is an excellent slogan to put in practice.

Constructive elements, Recycled plastic, Environment pollution, Social houses

Citación: FLORES, Víctor, ROJAS, Jesús, TORRES, Rodrigo, VALLEJOS, Rolando, FLORES, Paola y FLORES, Mariana. Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas. Revista de Ingeniería Civil. 2020. 4-14:44-49.

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Cada día desechamos grandes cantidades de polímeros en forma de botellas de plástico, cartones y envases de yogurt. Los expertos calculan que el 25% de los residuos poliméricos no puede reciclarse, por tres motivos principales: contiene mezclas de tipos diferentes de polímeros; no es rentable económicamente; y es un proceso demasiado sucio.

Las botellas de plástico son las más rebeldes a la hora de transformarse. Al aire libre pierden su tonicidad, se fragmentan y se dispersan. Enterradas, duran más. La mayoría está hecha de tereftalato de polietileno (PET), un material duro de roer porque es inmune a los diferentes tipos de microorganismos.

En la presente investigación se utilizaron botellas descartables de bebidas, constituidas por PET y plásticos procedentes de embalajes de golosinas, BOPP (Polipropileno bi orientado) y PVC (Policloruro de vinilo).

Los elementos constructivos que se diseñaron con estos materiales son ladrillos y tejas. El uso de materiales reciclados en la construcción reduce la contaminación del medio ambiente, a la inversa de lo que habitualmente ocurre cuando se usan materias primas naturales.

Se puede decir que se trata de una tecnología —limpia y limpiadora, porque los procedimientos de fabricación son no contaminantes del medio ambiente, y porque se utilizan residuos como materia prima.

En el caso de los envases de PET, existen otros procedimientos de reciclado en el mundo para diversas aplicaciones, pero más complejos que el utilizado en esta investigación.

En este caso, no es necesario sacarle etiquetas ni tapas previo al proceso de triturado, son admisibles pequeñas cantidades de tierra o suciedad en los envases, y no se realizará fundición del material.

Antecedentes

El proceso de reciclaje actual es crucial para hacer frente al creciente volumen de residuos que producimos, pero los investigadores están buscando soluciones alternativas.

Un grupo que cuenta con socios de España, Letonia y Lituania asegura que está listo para lanzar al mercado una solución ecológica para la gestión de residuos de plástico. El proyecto SANDPLAST, financiado por el programa EUREKA, ha desarrollado una tecnología para producir materiales de construcción de hormigón usando residuos poliméricos y rellenos inertes.

Valdis Leitlands ha ayudado a diseñar esta técnica en el marco del proyecto y está convencido de su potencial comercial, por lo que ha fundado Partneris L.V., empresa spin-off que pretende crear nuevos materiales de construcción a partir de residuos poliméricos. Su empresa ha unido fuerzas con Hormigones Uniland, que posee la capacidad de producir dos millones de metros cúbicos de hormigón preparado al año, para que le ayude a probar los productos creados con esta técnica y encontrar mercados. En el proyecto participan también socios lituanos.

—Los desperdicios que producimos son infinitos y la fabricación del ladrillo clásico es un verdadero desastre ecológico, porque se hace con humus que tarda miles de años en formarse y en hornos a cielo abierto, como ocurría en Babilonia. Es decir, que por un lado enterramos la basura y, por el otro, devastamos la tierra fértil. Nosotros proponemos una tecnología que ayuda a paliar ambos problemas, pero además es más económica, muy eficiente desde el punto de vista de la aislación y fácil de fabricar. Fuente-artículo del periódico argentino La Nación.

Planteamiento del problema

Falta de propuestas para consolidar este tipo de mezclas utilizando el plástico reciclado como materia prima. Los polímeros son productos contaminantes del medio ambiente y no tienen propiedades biodegradables, sino que perduran en el tiempo, constituyéndose un problema para el medio ambiente.

Objetivos

Objetivo general

Realizar mezclas de cemento y agregados de plástico para la fabricación de ladrillos y tejas utilizables en construcciones ecológico-sociales.

Objetivos específicos

- Contribuir a la disminución de contaminación por recipientes de plástico (polietileno- tereftalato).
- Determinar y evaluar la dinámica de la mezcla.
- Determinar y evaluar las resistencias mediante ensayos de laboratorio.

Hipótesis

Con la adición de plásticos reciclados, PET, BOPP, en morteros tradicionales se trata de obtener un material constructivo de características similares a los convencionales, brindando menor peso específico alcanzando resistencias exigidas por norma. De esta manera coadyuvamos en el reciclado y la no contaminación por desechos plásticos.

Justificación

Las botellas de plástico son las más rebeldes a la hora de transformarse. Al aire libre pierden su tonicidad, se fragmentan y se dispersan en un lapso muy elevado (100-1000 años). La mayoría está hecha de tereftalato de polietileno (PET), un material duro de roer ya que es inmune a los diferentes tipos de microorganismos.

Los elementos constructivos que se diseñaran con estos materiales serán ladrillos y tejas, contribuyendo a controlar la contaminación ambiental producidas por las botellas de PET, BOP y otros materiales plásticos que no se degradan con facilidad, aportando una tecnología económica, de rápido aprendizaje, mínimo equipo y buenas condiciones de habitabilidad, uno de los factores que más reduce la actividad productiva en los sectores rurales del departamento de Chuquisaca y de Bolivia en general es el atraso de los pueblos por falta de iniciativas que permitan dar soluciones a corto plazo como es el caso de las mezclas de cemento y plástico, que además de controlar la contaminación ambiental son más baratos y ofrecen un panorama de mayor estética.

Materiales y metodología

1. Los materiales utilizados son:
 - Plásticos reciclados.
 - Cemento.
 - Agua.
 - Arena.
 - Aditivos químicos (Sika FF-86).
 - Moldes metálicos.
 - Hormigonera.
 - Tamices.
- Otros materiales:
- Palas.
 - Varilla compactadora.
 - Molino (trituradora).

Metodología

Este trabajo de investigación se realizó empleando una metodología con alto contenido experimental. Para la fabricación de las mezclas cemento-plástico se empleó una granulometría para la arena y otra para las partículas plásticas con un módulo de finura de 4,25 en el caso de ladrillos y tejas.

Actividades

- Revisión de información
- Realizar el diseño conceptual
- Realizar el diseño de ingeniería experimental
- Demostrar mediante ensayos la influencia de la dureza y la dinámica de las mezclas
- Demostrar mediante ensayos de laboratorio mecanismos de resistencia y durabilidad para cada uno de los prototipos de construcción.

- Demostrar mediante pruebas la resistencia a esfuerzos de tracción y compresión.

El ensayo final deberá permitir validar la aplicación de mezclas con polímeros, para el uso de mecanismos que no dañen la salud ni el medio ambiente.

Procedimiento

- Realización de ensayos normalizados en laboratorios, a fin de establecer propiedades físicas.
- Evaluación económica comparativa de los elementos constructivos desarrollados.
- La dosificación del mortero es de 1:4 tanto para el ladrillo como para la teja el aditivo químico se agrega al agua de mezclado, en un porcentaje del 0,5 % del peso del cemento.
- Para eliminar el porcentaje de humedad de los agregados (arena). Primeramente, se procedió con el secado al sol removiendo continuamente las muestras a utilizar.
- Concluido el secado de muestras se procedió con el tamizado respectivo para obtener la granulometría requerida por norma.
- Se realizó el triturado del PET con un molino diseñado para tal fin.
- Las partículas de PET se mezclaron con cemento en una hormigonera, luego se agregó agua con aditivos químicos incorporados (sika ff86).
- Cuando esta mezcla adquirió consistencia uniforme, se la vertió en un molde metálico.
- Se realizó la compactación de la mezcla y la postura de los ladrillos y tejas. Conjuntamente se hizo las probetas testigos.
- Se los dejó a la intemperie durante un día y luego se los movió hasta un recipiente para el curado con agua, en la cual permanecieron siete días.

- Las probetas se rompieron a los 28 días en un laboratorio, que nos dio una resistencia a compresión requerida por norma.
- Los ladrillos y tejas a partir de los 7 días de curado se los retiró y se los almacenó hasta cumplir los 28 días desde su elaboración.

Composición Granulométrica (Norma Iram1627)			
Tamiz	Peso	%	% Ret.
4 = 4.75	2.5	0.278	0.278
8 = 2.40	97.0	10.790	11.068
16 = 1.20	191.5	21.301	32.370
30 = 0.59	297.0	33.037	65.410
50 = 0.29	236.0	26.250	91.660
1 100 =	56.0	6.220	97.880
			MF = 2.99

Tabla 1 Pruebas de resistencia y estabilidad (vaciado)

Dosificación

Porcentajes de reemplazo de árido por escamas

Se reemplazó un 15% del peso de arena en su lugar, 1 kg de escamas PET, la incorporación de plástico en la composición de la mezcla producía cambios en las características del mortero, no gradualmente proporcionales al incremento en el % de escamas incorporadas, sino que se observaron modificaciones apreciables para porcentajes específicos de agregado de PET.

Se utilizaron aditivos de Sika, fluidificante (Sika ff86) agregados a las mezclas, según las dosificaciones usuales. Se adoptó una relación en peso de una parte de cemento por cuatro de áridos (1:4) Las escamas de PET fueron agregadas en distintos porcentajes de acuerdo con la porción de arena que desea reemplazarse

Preparación de los morteros

Se moldearon 2 probetas por cada mezcla o dosificación propuesta una que contenía fluidificante y otra que no, de las cuales se analizó a la edad de 7 días y 2 a la edad de 28 días, para ensayos de resistencia a compresión en ambos casos. El método de mezclado, llenado de moldes y compactación se realizó según indica la norma. En todos los casos se determinó previamente, en estado fresco, y la fluidez.

Para el estudio se procedió de la siguiente manera

Para su elaboración se utilizaron todo tipo de plásticos, que fueron triturados en un molino diseñado para este fin, para luego ser mezclados con el cemento y un aditivo químico en el agua, que mejora la adhesividad de las partículas plásticas con el cemento.

La lenta biodegradabilidad del plástico es un problema en muchas ocasiones, se convierte en este caso en un gran aliado de este material.

Las partículas de PET se mezclaron con cemento en una hormigonera, luego se agregó agua con aditivos químicos incorporados. Cuando la mezcla adquirió una consistencia uniforme, se la vertió en moldes metálicos para luego ser compactada.

Resultados

Los elementos constructivos desarrollados tienen la calidad técnica suficiente para su aplicación. Las propiedades físicas de los mismos que se describen a continuación fueron establecidas con la realización de ensayos en laboratorios.

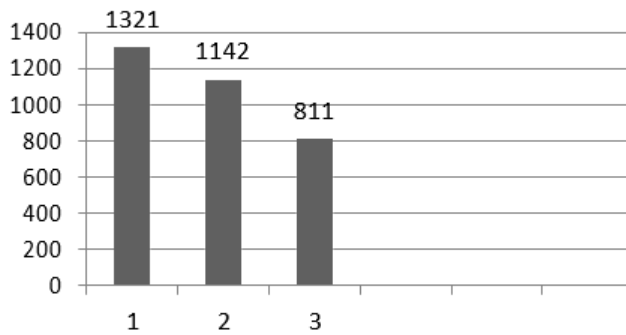


Figura 1 Pesos específicos

- 1.- Ladrillo común de tierra 1321kg
- 2.- Ladrillos con plástico triturado 1142 kg
- 3.- Tejas con plástico triturado 811 kg

Resistencia mecánica: Es menor que la mayoría de los componentes constructivos tradicionales, pero suficiente para que puedan ser utilizados en viviendas con estructura independiente. El ladrillo con PET tiene una resistencia característica de 4Mpa.

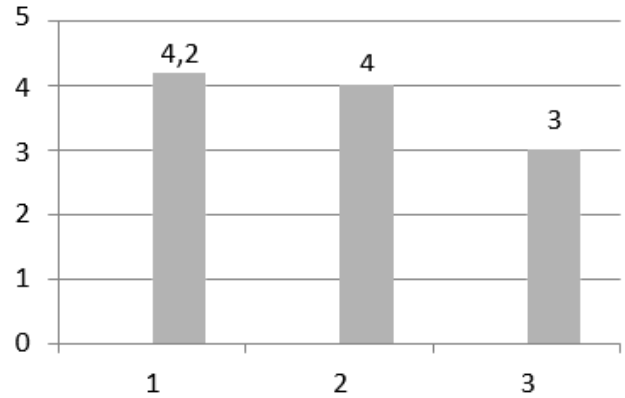


Figura 2 Gráfica de resistencia

- 1.- Ladrillo común de tierra 4.2 MPa
- 2.- Ladrillos con plástico triturado 4 MPa
- 3.- Tejas con plástico triturado 3 MPa

Debido a la diferencia de peso unitario entre el árido y las escamas, se reemplazó el PET por un volumen aparente equivalente al del árido a sustituir

Serie de probetas de arena por PET	% Sustitución	Cemento kg	Arena kg	Escamas de PET kg	Agua	Aditivo%
1	15%	1	4	1	900	No Contiene
2	15%	1	4	1	600	2,0 fluidificante sika

Tabla 2

Costos

El precio estimado de cada ladrillo se detalla en la siguiente tabla:

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio(unitario)	Parcial(bs)
Cemento	kg	1	0.88	0.88
Agua	cm ³	900	0.033	0.030
Arena	kg	4	0.016	0.1
Aditivo	cm ³	10	0.04	0.4
Plástico	kg	1	0	0
Total				1.41

Tabla 3

En donde el precio por cada ladrillo es de 1.41 bs, la elaboración de elementos constructivos con esta tecnología tiene un costo similar al de otros elementos constructivos tradicionales.

El costo de producción unitario de un ladrillo de PET es un 30 % mayor que el de un ladrillo común de tierra cocida. El ahorro se verifica en que se pueden construir cerramientos con espesores menores a los de cerramientos tradicionales, por su buena aislación térmica, (con lo que se ocupa menos espacio en el terreno y se usa menor cantidad de material de unión y son más livianos (con lo cual se ahorra en traslado. La técnica de fabricación es muy simple, fácilmente reproducible por personal no especializado. No es necesaria infraestructura de gran envergadura para producir el material, ni suelo para extracción de áridos.

Discusiones y recomendaciones

Se recomienda posteriormente validar la investigación agregando los aditivos plásticos al mortero. En el PET y cemento desarrollado por el CEVE, se observa:

- El de PET tiene un peso específico que es 15,5 % menor que el común.
- El de PET tiene un coeficiente de conductividad térmica que es 80 % menor que el que tiene el común.
- El de PET tiene una resistencia a la compresión que es 50 % menor que la que tiene el común.
- El de PET tiene un porcentaje de absorción de agua que es 11,5 % menor que la que tiene el común.

Conclusiones

En el estado fresco los morteros se presentaron poco plásticos y cohesivos para la mezcla con escamas. La falta de docilidad y homogeneidad de la mezcla provocaba una disminución del asentamiento (después de compactado), la razón, a nuestro juicio, fue la inadecuada granulometría de las escamas de PET, otorgadas por el molino.

- Haciendo un análisis de precios de materiales se llega a la conclusión de que la teja y el ladrillo son más baratos con un costo de 1.41Bs, el ladrillo común tiene un costo de 1.5 Bs por cada unidad.

- El PET es reciclado mediante un proceso muy simple y barato pues no necesita estar limpio, puede contener tierra, arenillas, etc. sin afectar por ello sus buenas propiedades. Los envases de PET son molidos con rótulos y tapa, y también se acepta la presencia de envases de otro tipo (PP, PVC, etc.).

Agradecimientos

Los investigadores agradecen a la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT) de la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca por el apoyo brindado en el desarrollo del presente trabajo.

Referencias

- PAEZ, D., PEREIRA, H. (2001). «Estudio del ahuellamiento de mezclas plásticas. XIII Simposio Colombiano sobre Ingeniería de construcción». Universidad de Los Andes, Bogotá.
- ASOPAC, (2002). «Diseño de materiales de construcción Informe técnico». Bogotá.
- CORAL, L. (2003). «Materiales constructivos alivianados». Trabajo de Grado. Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes.

Mezclas asfálticas con materiales reciclados de construcción y demolición para la reparación de pavimentos

Asphalt mixes with recycled construction and demolition materials for pavement repair

TÓRRES, Rodrigo†*, FLORES, Paola, FLORES, Mariana, FLORES, Víctor y MAIRON, Kevin

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Ciencias Agrarias, Calle Calvo N° 132, Sucre, Bolivia.

ID 1^{er} Autor: *Rodrigo, Tórres*

ID 1^{er} Coautor: *Paola, Flores*

ID 1^{er} Coautor: *Mariana, Flores*

ID 1^{er} Coautor: *Víctor, Flores*

ID 1^{er} Coautor: *Kevin, Mairon*

DOI: 10.35429/JCE.2020.12.4.50.55

Recibido 25 de Julio, 2020; Aceptado 30 de Diciembre, 2020

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad comprobar que es posible la elaboración de una mezcla asfáltica con material de los residuos de construcción y demolición, susceptible de ser empleada en la reparación o bacheo de pavimentos. El estudio consistió básicamente en recolectar residuos reciclables en obras seleccionadas, consiguiendo agregados pétreos por trituración que sirvieron para preparar una mezcla asfáltica, la cual fue sometida a distintas pruebas en campo y laboratorio para determinar su comportamiento mecánico. Los resultados obtenidos se encontraron dentro de los rangos aceptados por norma. Finalmente se efectuó un análisis de costos por metro cúbico de muestra reciclada que revela un ahorro del 14% en relación a una mezcla tradicional a costo directo.

Asfalto, durabilidad, Mezcla, Reciclados, Residuos

Abstract

The present research aimed to prove that it is possible to develop a product mix asphalt material of construction and demolition waste, which could be used in the repair or patching pavement. The study was mainly to collect recyclable waste in selected works by crushing rock aggregates getting used to prepare an asphalt mixture, which was subjected to various laboratory and field tests to determine their mechanical behavior. The results were within the ranges accepted norm. Finally, an analysis of costs per cubic meter of recycled shows revealing a savings of 14% compared to a traditional mix of direct cost.

Asphalt, Durability, Mixture, Recycled, Residue

Citación: TÓRRES, Rodrigo, FLORES, Paola, FLORES, Mariana, FLORES, Víctor y MAIRON, Kevin. Mezclas asfálticas con materiales reciclados de construcción y demolición para la reparación de pavimentos. Revista de Ingeniería Civil. 2020. 4-12:50-55.

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La reparación de vialidades en nuestro medio se realiza a base de pavimentos flexibles con emulsiones asfálticas y agregados derivados de la roca natural extraída de canteras cercanas, los pavimentos se encuentran sometidos a agentes ambientales como la temperatura, humedad y precipitación que reducen su durabilidad lo cual amplía la frecuencia de las reparaciones que se deben practicar para mantener los estándares de funcionamiento.

El uso de materiales reciclados puede contribuir notablemente a la reducción del impacto ambiental en este tipo de obras, evita el agotamiento de materias primas ya que disminuye la actividad extractiva de materiales primarios al sustituir en un porcentaje el material de préstamo que suele proceder de canteras, y reduce el volumen de residuos ocupado en vertederos, en consecuencia, el avance en dicha técnica contribuye notablemente a reducir el impacto ambiental.

En la presente investigación se utilizaron materiales reciclados de construcción para diseñar una mezcla, tratando de lograr una exacta determinación de las propiedades del cemento asfáltico con el fin de caracterizar el material y así poder predecir la respuesta y las posibles fallas que pueden ocurrir.

Se demostró que los áridos reciclados presentan propiedades y características físicas propias que mejoran los rendimientos, aseguran los resultados y prolongan la vida útil de los materiales minerales en las obras públicas.

Para que sea posible el uso de este material en la reparación de pavimentos para carreteras y vías urbanas, es necesario el uso de aditivos químicos que añadidos a los asfaltos aumenten su resistencia y retrasen su envejecimiento.

Antecedentes

La investigación del empleo de áridos reciclados en la construcción se ha enfocado más en las líneas de mezclas bituminosas y de hormigón elaborado a partir de material reciclado.

En Alemania actualmente se producen 60 M de toneladas año de áridos reciclados, de las cuales, más de 40 M, se destinan al mantenimiento y construcción de bases y subbases de carreteras y vías urbanas. A partir del año 1993, la Directriz RG Min-STB 93 facilitó el crecimiento del sector del reciclaje en Alemania y permitieron demostrar que los áridos reciclados son muy competitivos en los mercados de los materiales granulares destinados a la construcción de bases y subbases de carreteras.

Un ejemplo pionero en España en cuanto a reciclado in situ es la planta montada por Dragados en Barajas, que comenzó a funcionar en febrero de 2000, la planta ha permitido aprovechar los materiales pétreos procedentes de la demolición de hormigones y asfaltos de losas del aeropuerto. Esta experiencia no es aplicable a las obras en las cuales el material reciclado debe provenir de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición, en la cual los residuos pueden tener distintas procedencias, debiéndose aplicar estrictos controles en la calidad del material reciclado resultante.

Otras experiencias en el uso de áridos reciclados las podemos encontrar en la construcción del Anillo Verde Ciclista de la Comunidad de Madrid y en el Corredor verde del Parque de las Cañadas (Cádiz).

Adicionalmente, se ha comprobado que las características reológicas del ligante asfáltico de la mezcla también influyen significativamente en el comportamiento viscoplástico de estos materiales. En el diseño mecanista de pavimentos se controlan los esfuerzos verticales que soporta la capa de subrasante, con el fin de evitar la formación de huellas en superficie. Sin embargo, ninguna metodología de diseño controla las deformaciones permanentes producidas por el comportamiento visco-plástico de las mezclas asfálticas.

Planteamiento del problema

Los residuos de construcción son contaminantes que infertilidad los suelos, constituyéndose un problema para el medio ambiente, además de la falta de nuevas alternativas para su reciclado, como en el uso en la reparación de pavimentos asfálticos.

Justificación

Uno de los principales problemas en el mundo es la contaminación ambiental. La necesidad de reciclaje de los residuos de construcción no solamente concierne a los países más grandes ni a las comunidades más industrializadas, sino también a una demanda global. Muchos países, que van desde los más desarrollados hasta otros en vías de desarrollo como el nuestro podrían experimentar el ahorro de recursos naturales y preservación del medio ambiente utilizando estas técnicas de reciclaje. Por lo que se hace necesario inculcar esta cultura recicladora además de la de preservar el medio ambiente, cultura que podría tener ventajas económicas que favorecerían al desarrollo de nuestros pueblos ya que no existen iniciativas que permitan dar soluciones a corto plazo como es el caso de las mezclas asfálticas con materiales de construcción y demolición.

Los residuos de construcción son contaminantes que infertilidad los suelos, constituyéndose un problema para el medio ambiente, además de la falta de nuevas alternativas para su reciclado. De ahí la importancia de incorporar técnicas de reciclado que nos permitan reducir la contaminación ambiental por residuos de construcción y que disminuirán la cantidad de materiales de banco utilizados, además de abaratar costos y obtener las resistencias exigidas por norma en la construcción de pavimentos.

Objetivos

Objetivo general

- Obtener una mezcla asfáltica con residuos reciclados de construcción y demolición para su aplicación en la reparación o bacheo de pavimentos, coadyuvando de esta manera a la no contaminación de suelos y a la preservación del medio ambiente.
- Revisar información bibliográfica.
- Determinar las características de los materiales reciclados y su idoneidad para su uso en mezclas asfálticas
- Determinar y evaluar las resistencias mediante ensayos

- Verificar la evolución del comportamiento de cada mezcla realizada, comparándola con la del asfalto tradicional
- Contribuir a la disminución de contaminación por residuos de construcción
- Preparar la mezcla asfáltica con los residuos de construcción y demolición para su posterior comparación y evaluación de comportamiento con el asfalto tradicional.
- Difundir los resultados, mediante ferias científicas, trípticos, dípticos, etc.

Hipótesis

Con la adición de materiales reciclados de construcción y demolición en mezclas asfálticas se trata de obtener un material de mejor resistencia de bajo costo y de características similares a los convencionales, para ser utilizados en la reparación o bacheo de pavimentos. De esta manera coadyuvamos en el reciclado y la no contaminación por este tipo de desechos.

Materiales y método

Materiales

Los materiales utilizados son: emulsión asfáltica

- Concreto triturado.
- Ladrillo triturado.
- Tamiz.
- Recipientes de fundición.
- Paleta de mezclado.
- Hornilla.
- Combustible (GLP).
- Otros materiales:
 - kerosene (para el curado)
 - Aditivos químicos

Metodología

Para el estudio se procederá de la siguiente manera Se desarrollará en 5 etapas:

En la primera etapa se realizó la recolección de los materiales donde se obtuvieron principalmente escombros de concreto, bloques, y ladrillos, una vez recolectadas las muestras fueron trituradas, este proceso se realizó por cada material para obtener los agregados por separado. Seguidamente se realizó el mezclado de estos, en forma proporcional, homogeneizando las muestras y secándola. Por último, se tomó por cuarteo una muestra representativa y se procedió a la caracterización del material pétreo.

En la segunda etapa se llevaron a cabo diversas pruebas para obtener las características físicas de los agregados.

Las pruebas realizadas fueron:

Peso volumétrico seco suelto para obtener el peso de las partículas sólidas por unidad de volumen, expresado en kg por metro cubico.

- Análisis granulométrico para clasificar por tamaño las partículas del material pasándola por una sucesión de mallas obteniendo el peso de los retenidos como porcentaje de la muestra total.
- Densidad relativa, obtenida como la relación de la densidad de la absoluta, incluyendo sus vacíos.
- Porcentaje de absorción, para determinar la cantidad de agua absorbida por el material pétreo previamente saturado de agua a una temperatura entre 15° a 25°C durante 24 horas.
- Equivalente de arena, cuyo objeto fue determinar en la fracción que pasa la malla numero 4.75 bajo condiciones de pruebas establecidas, la proporción volumétrica de partículas de tamaño mayor que el de las arcillas, con respecto al volumen de las partículas finas de tamaño similar al de la citada arcilla.

En la tercera etapa se elaboró la mezcla con los distintos tipos de escombros.

Posteriormente la mezcla asfáltica se sometió a una prueba de compresión sin confinar para valorar la fatiga máxima que soportaría un espécimen elaborado con dimensiones y condiciones de prueba normalizada.

En la cuarta etapa se clasificaron los especímenes según la granulometría empleada.

Como quinta y última etapa se efectuó un análisis comparativo de costos a precio unitario de ambas mezclas, la tradicional y las obtenidas de materiales reciclados considerando los conceptos de remoción, carga y descarga, suministros, acarreo, acomodo, compactación de los materiales, etc.

El costo directo fue integrado en rubros, a saber: a) materiales, b) mano de obra, c) equipo y herramienta menor y d) básicos de la mezcla asfáltica.

Resultados y discusión

Pruebas de resistencia y estabilidad (vaciado)

Probetas cilíndricas de 2 ½ pulg. de altura y 4 pulg. de diámetro para determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico. Fueron empleados dos tipos de cemento asfáltico, uno convencional y el modificado con 5% de polietileno, empleándose el contenido óptimo de cemento asfáltico que para ambos casos fue de un 8% y se llevaron a cabo dos condiciones de prueba, en seco y bajo condiciones de humedad. Adicionalmente se realizó un segundo experimento dentro de la granulometría abierta GA con la finalidad de conocer el comportamiento de una mezcla rica en asfalto, lo que proporcionaría al pavimento mucha mayor durabilidad.

En todos los casos fueron probados los especímenes en seco y bajo condiciones de humedad, con el fin de simular el posible daño que puede causar el agua en las mezclas, estas condiciones fueron dadas mediante un tratamiento de inmersión en agua durante 4 horas a una temperatura de 600 °C, después de este lapso se les permitió a los especímenes retomar la temperatura ambiente para después ser ensayados de la misma forma que los especímenes secos.

Estos ensayos se realizaron con el fin de determinar si los agregados con los que se hizo el diseño cumplen con las especificaciones que se exigen para la conformación de la mezcla asfáltica en estudio. En total se analizaron 16 especímenes, 10 en la prueba de resistencia de la mezcla (2 por cada muestra) y 6 en la pérdida de estabilidad por inmersión (2 por cada una).

La tabla 1 muestra la forma como fueron clasificados los estudios.

Pruebas	Muestras de material seleccionado	
	Reciclada	Tradicional
Peso volumétrico seco suelto kg/m ³	1183	1235
Análisis granulométrico, % que pasa	42	45
Malla No. 4		
Malla No. 40	12	16
Malla No. 200	8	10
Densidad, gr/cm ³	2.14	2.09
Absorción, %	13.5	11.9
Equivalente de arena, %	55	43

Tabla 1 Estudios realizados al agregado pétreo

En el cuadro anterior, se observa que los datos de peso volumétrico y granulometría de las muestras recicladas fueron ligeramente inferiores con respecto a las tradicionales, pero mayores en todas las demás pruebas, sin que ello significara que no estuviera dentro de los rangos aceptados por la normatividad oficial. Se hace notar que el incremento de la absorción promedio puede atribuirse a la elevada relación de vacíos implícita en el material obtenido de los bloques de concretos reciclados. Asimismo, el 40% en el límite de las especificaciones, resulta evidente en virtud de la heterogeneidad de los componentes utilizados.

De igual forma las pruebas realizadas a la mezcla asfáltica que se aprecian en la tabla 2, arrojaron resultados aceptables en las pruebas realizadas. No obstante, la muestra A fue desechada por no cubrir en forma homogénea el material pétreo en estudio, eligiendo en consecuencia la muestra B para el desarrollo de las mezclas a estudiar.

Pruebas	Muestra A	Muestra B
	A 50°C	16
Contenido de residuo mezcla asfáltica %	57.4	61.6
Asentamiento a 5 días, %	1.2	2.6
Retenimiento en la malla No. 0.850, %	0.14	0.04
penetración a 25°C	93	55

Tabla 2 Resultados de pruebas a la emulsión asfáltica

Asimismo, en la tabla 3 se observan los resultados de las pruebas realizadas a la mezcla de material pétreo

Pruebas	Muestra de material seleccionado	
	Reciclada	Tradicional
Peso volumétrico seco suelto, kg/m ³	1195	1247
Humedad óptima de la muestra, %	12	10
Cubrimiento, %	95	97
Manejabilidad	Buena	Buena
Adhesividad	Buena	Buena
Compresión sin confinar, kg/cm ²	7.2	7.3
Pérdida de estabilidad	40.2	30.7

Tabla 3 Resultado de pruebas a las mezclas de material pétreo

Finalmente, el análisis de costos se detalla en la tabla 4.

Partida	Mezcla normal	Mezcla reciclada
Materiales	95	76.77
Básicos	320	280.35
Total, costo directo	415	357.12

Tabla 4 Comparativo de costos por metro cúbico de mezclas asfálticas

Con estos valores es posible estimar que el empleo de la mezcla reciclada permite un ahorro del 14% a costo directo en comparación con el costo de los materiales y en los costos básicos de la mezcla asfáltica.

Conclusiones

Se demuestra que las características físicas de los agregados pétreos reciclados son, muy similares a los agregados tradicionales.

El producto obtenido con el reciclaje de residuos de construcción y demolición cumple con los requisitos requeridos para un asfalto.

No existen diferencias significativas en el comportamiento mecánico del material pétreo reciclado con respecto al tradicional.

El comportamiento de los bacheos realizados con ambas muestras fue muy parecido y no presentaron deformaciones ni desprendimiento considerable.

En conjunto, la mezcla reciclada cuesta un 14% menos que la mezcla tradicional a costo directo.

Se recomienda posteriormente validar la investigación agregando los aditivos al asfalto (vía húmeda). Mezclas asfálticas modificadas con materiales reciclados presentan una disminución de la estabilidad en un 10 a 13 % con respecto a la mezcla convencional en el porcentaje óptimo de asfalto y aditivo.

Este tipo de mezcla muestra una tendencia a mejorar las propiedades de peso unitario. El mejor comportamiento de las mezclas asfálticas se obtiene cuando se mejora el asfalto con aditivos químicos.

En el porcentaje óptimo de esta mezcla el peso unitario es similar, el porcentaje de vacíos es mayor y la estabilidad es 0.76 veces menor que el de la mezcla convencional.

Mezclas asfálticas modificadas con materiales reciclados y aditivos químicos presentan igual comportamiento que las convencionales, especialmente en rigidez, resistencia a la deformación y peso unitario.

Agradecimientos

Los investigadores agradecen a la Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT) de la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca por el apoyo brindado en el desarrollo del presente trabajo.

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Ingeniería Civil. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

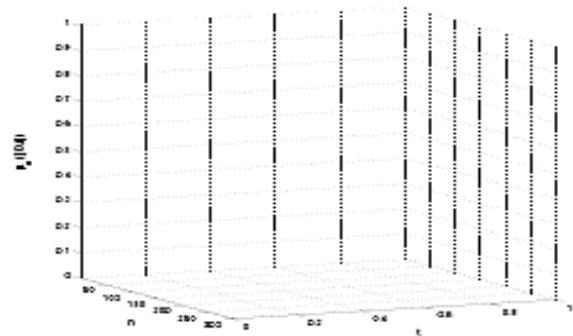


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

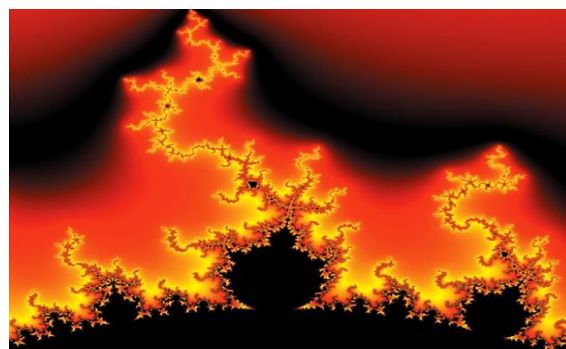


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo, en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

- Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores.
- Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores.

Reserva a la Política Editorial

Revista de Ingeniería Civil se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Civil emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Civil, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dada a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Artículo con PLAGSCAN

Evaluación de Artículo

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Artículo

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Traducción

Publicación de Obra

Certificado de Obra

Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

JALIRI-CASTELLON, María Carla Konradis. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Republic of Peru), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Revista de Ingeniería Civil

“Recuperación de suelos salinos con la incorporación de sulfato de calcio hemidrato ($\text{Ca}(\text{SO}_4)1/2\text{H}_2\text{O}$) en la comunidad de Yotala”

FLORES, Eddy, FLORES, Juan y TÓRREZ, Jorge

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca

“Optimización del recurso hídrico, con cultivo ecológico de especies hortícolas, en mangas de polietileno, con un sistema de riego por goteo modelo “Anillar Moshé”, bajo una estructura de caballete”

CALDERÓN, Moisés

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca

“Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas”

FLORES, Víctor, ROJAS, Jesús, TORRES, Rodrigo, VALLEJOS, Rolando, FLORES, Paola y FLORES, Mariana

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca

“Mezclas asfálticas con materiales reciclados de construcción y demolición para la reparación de pavimentos”

TÓRRES, Rodrigo, FLORES, Paola, FLORES, Mariana, FLORES, Víctor y MAIRON, Kevin

Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca

