

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Tucumán
Escuela de Posgrado

Maestría en Ingeniería Ambiental

**REÚSO DE AGUA RESIDUAL CLOACAL PARA
RIEGO DE FLORES ORNAMENTALES EN
TUCUMÁN**

Esp. Ing. Norma Susana Moya

Trabajo de Tesis para optar al Grado Académico Superior de
Magíster en Ingeniería Ambiental

Directora: Dra. María del Carmen González

San Miguel de Tucumán

Año 2019

Dedicada a mí amado hijo Esteban, y especialmente a Oscar Graieb.
A la memoria de mis entrañables tíos “Pepe”, “Nene” y a mi padre Félix.
Y al resto de mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas las personas y la bellinte (Cielo) que me ayudaron a cristalizar la presente tesis.

RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo de analizar la maximización de la utilización de agua residual cloacal para el riego en plantas de flores ornamentales, como una forma viable de reutilización de este recurso, teniendo en cuenta la calidad del agua de Río Salí.

La calidad de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual y en este caso particular, el Río Salí, son determinantes para el crecimiento de las plantas. Las raíces y los tallos por crecimiento secundario crecen longitudinalmente luego se engrosan.

El suelo actúa como un medio de circulación del agua y junto a los nutrientes se incorporan a la planta a través de las raíces.

En este estudio, el comportamiento de las plantas de flores ornamentales regadas con agua residual cloacal ha sido analizado a través de los parámetros: tamaño, cantidad y color de hojas; piezas florales y altura de tallo.

Estos parámetros son los referenciados por los mayores productores de flores ornamentales en el continente americano: Bogotá, Ecuador, Cuba y México para la determinación del grado de catalogación de flores ornamentales para su comercialización.

Las plantas a analizar en el presente trabajo, fueron adquiridas en vivero de la firma comercial Jardín Exótico sito en calle 14 N°68 Villa Mariano Moreno de la municipalidad Las Talitas, envasadas en macetas de polipropileno de origen.

Se evaluaron doce plantas por tipo y variedad de flor, conformando en forma aleatoria dos grupos de seis; compuesto por las muestras:

Grupo 1

M1. *Pascali* color blanco

M2. *Farandole* color naranja

M3. Sin tipo y sin color

M 4. *Tocade* tricolor

M5. *Farandole* color naranja

M6. *Farandole* color naranja

Grupo 2

M7. Sin tipo y sin color

M8. *Pascali* color blanco

M9. *Montezuma* color salmón

M10. *Anna* color matizado

M11. *Jubilé Du Prince De Monaco* color matizado

M12. Sin tipo color matizado.

Para el riego se tuvo en cuenta calidad de agua:

- ensayo 1: líquido residual cloacal diluida tres veces con agua potable, a la que se denominó “agua calidad A”
- ensayo 2: agua compuesta por tres puntos de muestreos del Río Salí, denominada “agua calidad B”.

La dosis del riego fue de 100 cm^3 , empleando frasco medidor; la frecuencia fue establecida en cuatro veces por semana en un periodo de cinco meses.

El agua residual cloacal fue extraída a la salida de la planta de tratamiento del Barrio los Señaleros de la localidad San Ramón de San Miguel de Tucumán, que se localiza en la Av. de Circunvalación y Av. San Ramón.

El agua del Rio Salí es del tramo comprendido de tres puntos de muestreos:

B1. 26.61788LS 65.18671 LO.

B2. 26.61947 LS 65.18621 LO.

B3. 26.62043 LS 65.1857 LO.

El agua potable usada para la dilución es la del predio particular donde se llevaron a cabo los ensayos.

La toma, conservación y determinaciones de laboratorio de las muestras se han realizado según lo establecido en el documento Control de Calidad del Agua: Métodos de Análisis para la Evaluación de la Calidad del Agua de la OPS/CEPIS.

Las muestras de agua residual cloacal de la salida de planta de tratamiento y de los tres puntos de muestreos del Río Salí se trasladaron, en bidones de 5 L y botellas de 2,5 L respectivamente a dos sitios:

- 1- laboratorio del Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental CEDIA – UTN; almacenándolas, luego, en botellas plásticas de menor capacidad para su refrigeración e inicio de las determinaciones analíticas de los parámetros físicos, químicos y biológicos.
- 2- predio particular donde se efectuaron ensayos de riego.

Comparando los valores obtenidos con los de la Resolución 030/2009 de la Secretaria de Estado de Medio Ambiente de la provincia de Tucumán, “Niveles de Calidad de los Efluentes Industriales y Cloacales”, se observó:

-*Agua calidad A*, potencial hidrogeno (pH) y la temperatura (T°) dentro de los valores de referencia para cuerpo de agua superficial y para absorción por suelo; conductividad eléctrica (Ce) valor superior al valor indicado para cuerpo de agua, no está establecido su valor referencial para absorción por suelo; sólidos totales disueltos (TDS) se encuentran dentro del rango de valores para cuerpo de agua y absorción por suelo; sulfato (SO_4^-) dentro de valores para cuerpo de agua y absorción por suelo; hierro (Fe) se encuentra por debajo de los límites para descarga de cuerpo de agua y absorción de suelo; fluoruro (F^-) y se encuentra por debajo de lo establecido en la normativa de referencia; fosfato (PO_4^-) y amonio (NH_4^+) por encima del valor de cuerpo de agua y por debajo de absorción de suelo; cloro libre (Cl) se encuentra por debajo del valor de cuerpo de agua y el de absorción de suelo; demanda química de oxígeno (DQO) valor por debajo del cuerpo de agua y absorción de suelo; demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO_5) se encuentra por encima del valor de cuerpo de agua y por debajo de absorción de suelo y Huevos de Helminths 2 / L.

-*Agua calidad B*, potencial hidrogeno (pH) y la temperatura (T°) de los valores referenciados; conductividad eléctrica (Ce) valor inferior de lo indicado para agua superficial; sólidos totales disueltos (TDS) son superiores a los valores de cuerpo de agua y absorción por suelo; sulfato (SO_4^-) se encuentra por debajo del valor para cuerpo

de agua y absorción por suelo; hierro (Fe) cuyo valor se encuentra por debajo del límite de calidad; fluoruro (F⁻) por debajo del valor normado; fosfato (PO₄⁼) está por encima del valor de cuerpo de agua y por debajo del de absorción por suelo; amonio (NH₄⁺) por debajo del límite de cuerpo de agua y absorción de suelo; cloro libre (Cl) se encuentran por debajo de los límites para cuerpo de agua y absorción por suelo; demanda química de oxígeno (DQO) es mayor que el valor para el cuerpo de agua y menor para la absorción de suelo; demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO₅) por encima del valor de cuerpo de agua y por debajo de absorción por suelo y ningún Huevos de Helmintos.

El suelo se mantuvo durante el tiempo del ensayo alcalino, cuyo valor al inicio fue 10,01 y al final 7,49.

En relación al cultivo, los parámetros analizados por grupo fue el siguiente:

Grupo 1 conformado por las variedades *Pascali*; *Farandole*; sin tipo y sin color y *Tocade*, se inició el ensayo con altura promedio del cultivo de 22,67 cm; a los cincuenta y cuatro días (54) 50,17 cm y al final 53,33 cm. Los diámetros de los tallos se han mantenido durante el tiempo del ensayo y fue de 0,97 cm. La cantidad de hojas al inicio del ensayo fue de 83,33; a la mitad 88,33 y al final del ensayo 100,67. En cuanto al tamaño de hojas se ha tenido en cuenta las grandes, las medianas y las chicas, cuyos valores fueron al inicio de 3,5 cm; 2,67 cm y 1,98 cm. A la mitad del ensayo fue de 5,8 cm; 3,87 cm y 2,13 cm. Al final 5,5 cm; 3,92 cm y 2,15 cm. A la mitad del ensayo la cantidad de botones florales en promedio fue de uno (1) y cantidad de flores tres (3); al final la cantidad de botones fue de cero (0) y la cantidad de flores una (1). El diámetro promedio de las flores abiertas fue a la mitad del ensayo de 5,25 cm y al final de 8 cm. El largo del pétalo a la mitad del ensayo es de 2,15 cm y al final 1,33 cm.

Grupo 2 compuesto por las variedades *Pascali*; *Montezuma*; *Jubilé Du Prince De Monaco*; *Anna* y sin tipo y sin color, la altura promedio del cultivo al inicio del ensayo fue de 29 cm; a los cincuenta y cuatro días (54) 48 cm y al final 55,33 cm. Los diámetros de los tallos se han mantenido durante el tiempo del ensayo y fue de 1,05 cm. La cantidad de hojas al inicio del ensayo fue de 94,17; a la mitad 94,17 y al final 100,83. En cuanto al tamaño de hojas se tiene las grandes: 3.37 cm, 4,95 cm y 6 cm al

inicio, a la mitad y al final del ensayo respectivamente; las medianas de 2,38 cm; 3,65 cm y 2,42 cm y las chicas de 1,75 cm; 2,05 cm y 2,42 cm respectivamente. A la mitad del ensayo la cantidad de botones florales en promedio fue de uno (1); y cantidad de flores cero (0); al final la cantidad de botones fue de uno (1) y la cantidad de flores una (1). El diámetro promedio de las flores abiertas a la mitad del ensayo es de 0,83 cm y al final de 5,2 cm. El largo del pétalo a la mitad es de 0,33 cm y al final del ensayo 2,58 cm.

Para los dos grupos la altura se ha incrementado en un 200%. En cuanto a la cantidad de hojas se tiene un promedio de 88,75, a los cincuenta y cuatro días (54) de 86,25 y al final 101,58; lo que muestra que la cantidad de hojas se incrementó en 100%. El tamaño de las hojas al inicio fue de 3,43 cm, a la mitad de 5,38 cm y al final del ensayo de 6 cm; se ha producido un aumento en el tamaño de las hojas de un 175 %. La cantidad de flores a la mitad fue de 0,83 y al final del ensayo solo llego a un promedio de una por cultivo; por lo que se puede estimar que hubo un incremento del 120 % ya que solo floreció la mitad del cultivo del ensayo.

Palabras claves: Agua Residual – Reutilización – Riego – Flores Ornamentales

SUMMARY

The present work has the objective of analyzing the maximization of the use of sewage residual water for irrigation in ornamental flower plants, as a viable form of reuse of this resource, also taking into account the water quality of Río Salí.

The qualities of the physical, chemical and biological parameters of the wastewater and in this particular case, the Río Salí, are determining factors for the growth of the plants. Roots and stems grow longitudinally, primary growth, then swell, known as secondary growth.

The soil acts as a means of circulating the water and along with the nutrients are incorporated into the plant through the roots.

In this study, the behavior of ornamental flower plants irrigated with sewage wastewater has been analyzed through the parameters: size, quantity and color of leaves; floral pieces and stem height.

These parameters are those referenced by the largest producers of ornamental flowers in the American continent: Bogotá, Ecuador, Cuba and Mexico for the determination of the degree of cataloging of ornamental flowers for commercialization.

The plants were acquired in the nursery of the Exotic Garden commercial firm located at street 14 N ° 68 Villa Mariano Moreno of Las Talitas municipality, packed in original polypropylene pots.

Twelve plants were evaluated by type or variety of flower, randomly forming two groups of six; composed of the samples:

Group 1

M1. *Pascali* white color

M2. *Farandole* color orange

M3. Without type and without color

M4. *Tocade* tricolor

M5. *Farandole* color orange

M6. *Farandole* color orange

Group 2

M7. Without type and without color

M8. *Pascali* white color

M9. *Montezuma* salmon color

M10. *Anna* nuanced color

M11. *Jubilé Du Prince De Monaco* nuanced color

M12. Without type nuanced color.

For watering, water quality was taken into account:

- Test 1: residual cloacal liquid diluted three times with potable water, which was called "quality water A"
- Test 2: water composed of three sampling points of the Salí River, called "B quality water".

The irrigation dose was 100 cm³, using a measuring bottle; the frequency was established four times a week in a period of five months.

The sewage residual water was extracted at the exit of the treatment plant of Barrio los Señaleros of San Ramón de San Miguel de Tucumán, which is located on Av. De Circunvalación and Av. San Ramón.

The water of the Salí River is of the section comprised of three sampling points:

B1. 26.61788LS 65.18671 LO.

B2. 26.61947LS 65.18621 LO.

B3. 26.62043LS 65.1857 LO.

The drinking water used for the dilution is that of the particular site where the tests were carried out.

The taking, conservation and laboratory determinations of the samples have been carried out as established in the document Water Quality Control: Methods of Analysis for the Evaluation of Water Quality of PAHO / CEPIS.

Samples of residual sewage from the treatment plant outlet and from the three sampling points of the Salí River were transferred, in five-liter (5 L) drums, to two sites:
1- Laboratory of the Environmental Engineering Research Center CEDIA - UTN; storing them, then, in plastic bottles of smaller capacity for cooling and start of the analytical determinations of the physical, chemical and biological parameters.

2- Particular site where trials were conducted.

Comparing the obtained values with those of Resolution 030/2009 of the Secretary of State for the Environment of the province of Tucumán, "Quality Levels of Industrial and Sewage Effluents", it was observed:

-water quality A, pH and temperature within the reference values for body of surface water and for absorption by soil; electrical conductivity (Ce) value higher than the value indicated for body of water, its referential value for soil absorption is not established; Total dissolved solids (TDS) are within the range of water body values and soil absorption; sulfate (SO_4^-) within values for body water and soil absorption; iron is below the limits for water body discharge and soil absorption; fluoride and is below what is established in the reference regulations; phosphate (PO_4^-) and ammonium (NH_4^+) above the water body value and below soil absorption; Free chlorine is below the water body value and the soil absorption value; chemical oxygen demand (COD) value below the body of water and soil absorption; Biochemical oxygen demand at 5 days (BOD_5) is above the water body value and below the soil and helminth eggs 2 / L absorption.

-water quality B, pH and the temperature of the referenced values; EC lower value than indicated for surface water; Total dissolved solids (TDS) are higher than the body water values and soil absorption; sulfate (SO_4^-) is below the body water value and soil absorption; iron whose value is below the quality limit; fluoride below the norm value; phosphate (PO_4^-) is above the body value of water and below that of soil absorption; ammonium (NH_4^+) below the body limit of water and soil absorption; free chlorine are below the limits for body of water and absorption by soil; Chemical oxygen demand (COD) is greater than the value for the body of water and lower for the absorption of soil; biochemical oxygen demand at 5 days (BOD_5) above the water body value and below soil absorption and no helminth eggs.

The soil was maintained during the time of the test in alkaline, whose value at the beginning was 10.01 and finally 7.49.

In relation to the crop, the parameters analyzed by group were the following:

Group 1 conformed by the Pascali varieties; Farandole; without type and without color and Tocade, the essay with average height of the culture of 22.67 cm was started; at fifty-four days (54) 50.17 cm and at the end 53.33 cm. The diameters of the stems were maintained during the time of the test and were 0.97 cm. The number of leaves at the beginning of the trial was 83.33; at half 88.33 and at the end of the trial 100.67. Regarding the size of the leaves, the large, the medium and the girls were taken

into account, whose values were at the beginning of 3.5 cm; 2.67 cm and 1.98 cm. At the half of the trial it was 5.8 cm; 3.87 cm and 2.13 cm. At the end 5.5 cm; 3.92 cm and 2.15 cm. In the middle of the trial, the number of flower buds on average was one (1) and number of flowers three (3); at the end the number of buttons was zero (0) and the number of flowers one (1). The average diameter of the open flowers was at the half of the trial of 5.25 cm and at the end of 8 cm. The length of the petal in the middle of the test is 2.15 cm and finally 1.33 cm.

Group 2 composed of Pascali varieties; Montezuma; Jubilee Prince of Monaco; Anna and Without type and without color, the average height of the culture at the beginning of the trial was 29 cm; at fifty-four days (54) 48 cm and at the end 55.33 cm. Diameters of the stems were maintained during the time of the trial and was 1.05 cm. The number of leaves at the beginning of the trial was 94.17; to half 94.17 and in the end 100.83. Regarding the size of leaves, we have the large ones: 3.37 cm, 4.95 cm and 6 cm at the beginning, the middle and the end of the test respectively; the medians of 2.38 cm; 3.65 cm and 2.42 cm and the girls of 1.75 cm; 2.05 cm and 2.42 cm respectively. In the middle of the trial, the number of flower buds on average was one (1); and number of flowers zero (0); at the end the number of buttons was one (1) and the number of flowers one (1). The average diameter of the flowers open at the half of the trial is 0.83 cm and at the end of 5.2 cm. The length of the petal in half is 0.33 cm and at the end of the trial 2.58 cm.

For the two groups the height has increased by 200%. Regarding the number of leaves, an average of 88.75 is obtained, on the fifty-fourth day (54) of 86.25 and at the end 101.58; which shows that the number of leaves increased by 100%. The size of the leaves at the beginning was 3.43 cm, half of 5.38 cm and at the end of the 6 cm test; there has been an increase in the size of the sheets of 175%. The number of flowers in half was 0.83 and at the end of the trial only reached an average of one per crop; so it can be estimated that there was an increase of 120% since only half of the trial culture flourished.

Keywords: Residual Water - Reuse - Irrigation - Ornamental Flowers

ÌNDICE

CONTENIDO	PÀG.
1. INTRODUCCIÒN	1
2. ANTECEDENTES	7
3. REÚSO DEL AGUA	30
4. MARCO TEÒRICO	32
4.1 AGUA RESIDUAL	32
4.1.1 PROPIEDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS PARA RIEGO ..	35
4.1.2 TIPO DE AGUA USADA EN EL ENSAYO	37
4.1.2.1 EFLUENTE CLOACAL	37
4.1.2.2 AGUA DE RÌO	42
4.1.2.3 COMPOSICIÒN Y PARÀMETROS DE CALIDAD DEL AGUA	42
4.2 SUELO	44
4.3 CULTIVO	46
4.3.1 TIPO DE FLORES ORNAMENTALES UTILIZADOS EN EL ENSAYO	48
4.3.2 CARACTERÌSTICAS DEL CULTIVO	51
5. DESCRIPCIÒN DE LA METODOLOGÌA	53
5.1 AGUA CALIDAD A	53
5.2. AGUA CALIDAD B	55
5.3 RIEGO	56
5.4 EQUIPAMIENTOS Y MATERIALES	56
5.5 SUELO	59
5.5.1 TEMPERATURA	60
5.5.2 HUMEDAD	61
5.5.3 POTENCIAL HIDRÒGENO	62
5.5.4 CONDUCTIVIDAD ELÈCTRICA	63
5.5.5 PERMEABILIDAD	64
5.5.6 NITRÒGENO	64
5.5.7 FÒSFORO	65
5.5.8 CULTIVO	65

6.	ANÀLISIS DE LOS RESULTADOS	70
6.1	AGUA CALIDAD A	70
6.2	AGUA CALIDAD B.....	75
6.3	SUELO	77
6.4	CULTIVO	81
6.4.1	CULTIVO A MITAD DEL ENSAYO	82
6.4.2	CULTIVO AL FINALIZAR EL ENSAYO	85
7.	CONCLUSIONES.....	93
8.	RECOMENDACIONES.....	95
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS	96
10.	ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÀG.
Tabla 1 - Parámetros de control y partes del cultivo en que se estudian.....	3
Tabla 2 - Composición típica del agua residual urbana (Calvo, 1995).....	35
Tabla 3 - Nutrientes contenidos en agua residual urbana (Calvo, 1995).	35
Tabla 4 - Características de las aguas residuales urbanas (Calvo, 1995).....	36
Tabla 5 - Composición de la excreta (Calvo, 1995).....	38
Tabla 6 - Nutrientes en hoja del cultivo (Hasek, 1988).	47
Tabla 7 - Cantidad de plantas y variedades utilizadas en el ensayo.....	51
Tabla 8 - Determinaciones físicas, químicas y biológicas en muestras de agua residual y río .	56
Tabla 9 - Clasificación de suelos afectados por sales.	64
Tabla 10 – Muestra, variedad y color de cultivo.....	67
Tabla 11 – Colores de hojas en cultivo	69
Tabla 12 - Valores de las determinaciones del agua calidad A.....	70
Tabla 13 – Analisis de los resultados de los parametros de calidad de agua para regadio.	71
Tabla 14 – Analisis de los resultados de parametros. Resolución 030/2009 SEMA	72
Tabla 15 – Comparación de valores obtenidos con respecto a composición típica.....	73
Tabla 16 – Características químicas obtenidas del agua residual	74
Tabla 17 - Valores del agua potable utilizada.	74
Tabla 18 - Valores de las determinación del agua calidad B.	75
Tabla 19 - Valores obtenido vs Valores de referencia Agua Calidad B.	76
Tabla 20 - T° promedio a 5 cm.	77
Tabla 21 - T° promedio a 10 cm.	77
Tabla 22 - Pesos del agua.....	78
Tabla 23 - Medición de los parámetros de control del cultivo al inicio del ensayo.....	81

Tabla 24 - Datos del cultivo a la mitad del ensayo (1).....	82
Tabla 25 - Datos del cultivo a la mitad del ensayo (2).....	82
Tabla 26 - Datos del cultivo al final del ensayo. (1)	85
Tabla 27 - Datos del cultivo al final del ensayo (2).	86
Tabla 28 - Datos del cultivo al final del ensayo. (3)	86
Tabla 29 - Altura tallo principal.....	87
Tabla 30 - Cantidad de hojas por cultivo	88
Tabla 31 - Tamaño de hoja por cultivo.	89
Tabla 32 - Cantidad de botones por cultivo.	90
Tabla 33 - Cantidad de flores por cultivo.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÀG.
Figura 1 - Ubicación sitios sobre Río Salí. Agua Calidad B.	4
Figura 2 - Ciclo del Agua. Distribución.....	33
Figura 3 - Tipo de Rosas Floribundas.....	48
Figura 4 - Tipos de Rosas Híbridas de Té.....	49
Figura 5 - Grandiflora.	49
Figura 6 - Localización de la Planta de Tratamiento del Barrio Los Señaleros.....	53
Figura 7 - Puntos de muestreos en Río Salí.	55
Figura 8 - Preparación de tubos de muestreos para Fotómetro.....	57
Figura 9 - Decantación para medicion de solidos.	58
Figura 10 - Muestras de suelo.	59
Figura 11 - Toma de temperatura a 5 cm de profundidad.....	60
Figura 12 - Limpieza de la muestra y pesaje.	61
Figura 13 - Colocación de muestras de suelo en estufa.	62
Figura 14 - Muestras secas de suelo.	62
Figura 15 - Muestra pH de suelo.....	63
Figura 16 - Disposición del cultivo.....	65
Figura 17 - Disposición de las muestras del cultivo al inicio del ensayo.	66
Figura 18 - Cultivo con etiqueta del vivero y de muestra.	68
Figura 19 - Medición de la altura del tallo.....	68
Figura 20 - Partes de la hoja.....	69
Figura 21 - Rotación de posición.	79
Figura 22 - Disposición de las macetas al final del ensayo.	80
Figura 23 - Botrytis cinérea en hoja del cultivo.....	84
Figura 24 - Araña Blanca en el cultivo.	84

ÍNDICE DE GRAFICOS

GRÀFICO	PÀG.
Grafico 1 – Porcentajes de humedad en suelo.....	79

ÌNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÀG.
ANEXO 1. Registros días 1 y 2 de temperaturas del suelo al inicio del ensayo. A continuación se muestran los valores obtenidos de temperatura por día.	102
ANEXO 2. Variedad de rosas Farandole, Jubilé Du Prince De Monaco, Montezuma, Pascali y Anna.....	109
ANEXO 3. Marbete del Fungicida	111
ANEXO 4. Fotos.	112

GLOSARIO DE TERMINOS

Tratamiento primario conjunto de procesos que tienen como objetivo la eliminación por medio físicos de los sólidos en suspensión más finos no eliminados en el pretratamiento.

Tratamiento secundario con cloración (desinfección) cuyo objetivo es la eliminación de materia orgánica biodegradable presente en forma disuelta y coloidal. Tiene lugar a través de un proceso biológico, mediante microorganismos que actúan en condiciones controladas. La cloración o desinfección es necesaria cuando el efluente final tiene un contenido importante de gérmenes patógenos y en casos de reutilización de las aguas residuales, especialmente en uso agrícola.

CEDIA-UTN-FRT Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán.

Ce Conductividad Eléctrica.

DBO₅ Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días.

DQO Demanda Química de Oxígeno.

pH Potencial de Hidrogeno.

Color minion Según Leatrice Eiseman, directora ejecutiva del Pantone Color Institute, el Pantone Amarillo Minion es un color que aumenta la conciencia y crea claridad, iluminando el camino a la inteligencia, originalidad y el ingenio de una mente abierta. Este es el color de la esperanza, la alegría y el optimismo.

Despimpollado Poda de pimpollo.

Suelo Espodosol Tipo de suelo característico de climas fríos y húmedos (Canadá, Escandinavia y Rusia septentrional) o templado frío (vertiente atlántica de Europa), con abundantes precipitaciones, que se caracteriza por una alta lixiviación, que propicia que una gran cantidad de sustancias superficiales migren a niveles inferiores. El horizonte B se caracteriza por un alto depósito de óxidos, que confieren a esta capa unas tonalidades rojizas características, y de materia orgánica negra.

Suelos minerales Suelos formados durante el proceso edafológico por alteración de los minerales presentes.

Plántula Embrión que nace.

Subarbusto (del latín suffrutex), mata o arbusto enano es una pequeña planta leñosa, que se distingue de un arbusto en la disposición de las ramas a ras del suelo y su menor altura, ya que no suelen superar los 10 o 20 cm.

Lámina Porción verde de la planta (hoja), aplanada, delgada, con dos caras: superior e inferior.

Piezas florales Están constituidas por una parte fértil que constituye el aparato reproductor (estambres y carpelos), y por una parte estéril (cáliz y corola).

Grado de la pieza floral Se conforma por la longitud del tallo y tamaño del botón o flor.

1. INTRODUCCION

El uso de agua residual cloacal para riego, previamente tratada para su estabilización con tratamiento primario y secundario con cloración, constituye una alternativa utilizada en varios países del mundo, evitando de esta manera volcar las mismas en crudo a los espejos de agua donde generan problemas de contaminación ambiental.

Por otro lado es una importante alternativa ante la escasez de recurso hídrico para riego de productos agrícolas, forestales o frutales.

El desarrollo acelerado de la agricultura, en las ciudades, que comprende la identificación de medidas dirigidas a aliviar las limitaciones de la oferta, mejorar la productividad y competitividad agrícolas en el marco de una estrategia que mitigue la pobreza, sea equilibrada y sostenible, y se base en ventajas comparativas ha generado la necesidad de intensificar el uso de aguas de buena calidad para el riego como fuente de abastecimiento en cultivos, entre los cuales figuran las flores ornamentales; provocando disminución del servicio de este preciado recurso a otros sectores, destacándose , el más afectado, la población.

Sin embargo, en la agricultura actualmente se debe recurrir a otras fuentes tradicionales de abastecimiento en aquellos lugares donde las condiciones lo permitan; siendo la práctica del riego con aguas residuales sin tratar una forma utilizada desde el siglo XVI, lo que demuestra la importancia de su reusó. (FAO, 2001).

El riego con aguas residuales, si se planifica y explota correctamente, no constituye de por si un problema epidemiológico para los animales ni para la salud de las personas (Calvo, 1995).

El empleo del agua de reuso exige un nivel de control más alto, ya que puede afectar la salud pública y la aceptación por parte del usuario; demostrándose que su empleo como riego puede reducir la contaminación ambiental (CEPIS/OPS, 1998).

Para la recuperación de aguas residuales son factores importantes: la confiabilidad operacional y el funcionamiento del conjunto de procesos y operaciones unitarias, siendo considerada la selección de la tecnología un problema tanto particular

como local, ya que las soluciones no se pueden generalizar, por la influencia de los ámbitos geográfico, social, económico y jurídico.

El desbalance entre el recurso hídrico y el crecimiento explosivo de las grandes ciudades ha obligado a priorizar el uso de aguas superficiales para abastecimiento público.

Su uso en agricultura, acuicultura, forestación, ganadería e irrigación de áreas públicas, es una herramienta valiosa que tienen los países emergentes para hacer frente al reto que constituye incrementar la producción, generando alimentos, empleos y recursos económicos, especialmente cuando hay escasez del recurso. (Hillel, 1987) (Blum, 1985) (Shuval, 1987).

La preocupación por el desarrollo sostenible, ha motivado un cambio en quienes realizan programas de investigación y planificación de recursos hídricos. Este cambio ha llevado a considerar alternativas para el uso racional de los recursos naturales, incluidas la minimización de residuos y el reúso del agua, mediante selección de tecnologías para su tratamiento.

La efectividad de los tratamientos se relaciona con el potencial contaminante del efluente; cada proceso debe ser evaluado separadamente para contribuir a la efectividad total o completa del tratamiento. Los nutrientes presentes en las aguas residuales tienen valor como fertilizantes y aumentan el rendimiento de los cultivos (Calvo, 1995).

El alcance del presente trabajo de tesis está dado por los objetivos propuestos, que comprenden:

- Determinar calidad de agua residual cloacal y agua de río para riego en flores ornamentales, analizando los parámetros físicos, químicos y biológicos, para su reutilización en riego.
- Analizar en el suelo, la permeabilidad y granulometría.
- Observar el comportamiento del cultivo regado con agua residual cloacal tratada, (tabla 1).

Parámetros de Control	Órganos de la Planta Medidos			
	Planta	Hojas	Botones	Flores
Tamaño		X	X	X
Cantidad		X	X	X
Color		X		X
Altura de la planta	X			
Diámetro de los tallos	X			
Diámetro de las flores				X

Tabla 1. Parámetros de control y partes del cultivo en que se estudian.

La duración del estudio fue de 108 días, con inicio el 31 de julio 2016, finalizando a mediados de diciembre del mismo año.

La metodología de desarrollo de este trabajo es de tipo experimental, con un enfoque cualitativo – cuantitativo, descriptivo y de modo combinado, trabajando con conceptos teóricos y tareas de laboratorio.

El universo de muestras originalmente fue de 12 plantines de flores ornamentales (rosales), seleccionadas por valor comercial. Las mismas fueron adquiridas en vivero Jardín Exótico sito en Calle 14 N° 68 de la Villa Mariano Moreno, municipio Las Talitas, ya que este cultivo se inicia a través de plantines realizados con prácticas agronómicas de injertos sobre un pie de rosa silvestre.

El ensayo se llevó a cabo conformado 2 grupos de 6 plantines cada uno, en los cuales se utilizó para el riego:

- agua residual cloacal con tratamiento primario y secundario incluido cloración.
- agua potable de la red de suministro domiciliario.
- agua del Río Salí de tres puntos.

El ensayo se inició en el Laboratorio del Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad de la Regional Tucumán (CEDIA-UTN-FRT), manteniendo los plantines en los recipientes de material plástico originales (macetas), provenientes del vivero.

A las 4 semanas se trasladaron los plantines a un predio particular sito en Av. Independencia 2800 continuando el ensayo con los plantines en recipientes originales.

El agua residual cloacal tratada fue denominada agua calidad A y el agua de los 3 puntos de muestreos del Río Salí agua calidad B, que se trasladaron en bidones de 5 L y botellas de 2,5 L respectivamente, mientras que el agua potable se recolecto en el predio particular citado.

El agua calidad A se extrajo a la salida de la planta de tratamiento del Barrio los Señaleros, localidad San Ramón, San Miguel de Tucumán, que se localiza en la Av. de Circunvalación y Av. San Ramón.

El agua calidad B se extrajo en tres puntos del rio Salí:

1. 26.61788 LS y 65.18671 LO, B1.
2. 26.61947 LS 65.18621 LO, B2.
3. 26.62043 LS y 65.1857 LO, B3. (Figura 1).

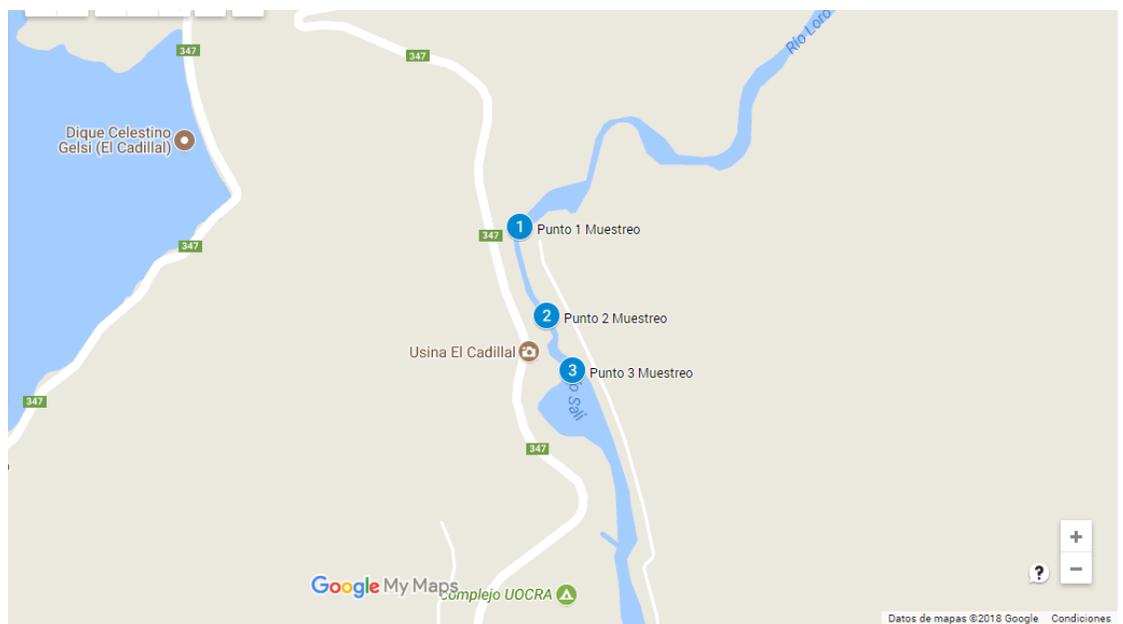


Figura 1 - Ubicación sitios sobre Río salí. Agua Calidad B.

Los parámetros analizados en agua calidad A y B (físicos, químicos y biológico) se detallan a continuación:

- Físicos:
 - ✓ Sólidos totales fijos y volátiles (STD).
 - ✓ Temperatura (T°).
 - ✓ Conductividad (Ce).

- Químicos:
 - ✓ Salinidad (SAR).
 - ✓ Sulfato (SO_4^{\ominus}).
 - ✓ Fosfato (PO_4^{\ominus}).
 - ✓ Hierro (Fe).
 - ✓ Nitrito (NO_2^{\ominus}).
 - ✓ Fluoruro (F^{\ominus}).
 - ✓ Amonio3 (NH_4^{\oplus}).
 - ✓ Cloro libre (Cl).
 - ✓ Cloro total.
 - ✓ Potencial de hidrogeno (pH).
 - ✓ Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO_5).
 - ✓ Demanda química de oxígeno (DQO).

- Biológico:
 - ✓ Huevos de Helminetos se trabajó con Directrices de las Normas de Engelberg para riego irrestricto de cultivo. (CEPIS/OPS, 1998).

Para analizar en el suelo permeabilidad y granulometría, se extrajo 1 muestra compuesta, determinando sus valores al principio y final del estudio. Las mismas se trasladaron en bolsas plásticas al Laboratorio de Suelos y Materiales Viales del

Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Tucumán de la Universidad Tecnológica Nacional.

En el cultivo, rosales, se analizaron los siguientes parámetros:

- cuantitativos de control en las plantas de rosales fueron: tamaño, cantidad de hoja, botones, flores, altura de planta y diámetro de tallos en las distintas etapas de crecimiento producido durante el periodo de riego.
- cualitativos: colores de hoja y flores.

El riego se realizó en forma manual con vaso medidor de plástico, teniendo presente que este cultivo debe tener un nivel de humedad necesario, evitando excesos que dañen el normal crecimiento de la planta.

2. ANTECEDENTES

La revisión bibliográfica analizada de las publicaciones y trabajos científicos internacionales y nacionales es la siguiente:

Ejemplos prácticos de reutilización de agua residual tratada y regenerada para riego de cultivos y Evaluación de riesgo. Se han puesto en práctica planes para optimizar el uso del agua en la agricultura. Una de las soluciones pasa por la reutilización de las aguas depuradas, pero solo se reutiliza el 1.20 % del total de aguas que se producen en las EDAR (Instituto Nacional de Estadística, 2009). Las razones que explican este bajo porcentaje de aprovechamiento son una baja percepción social y razones técnicas. Durante la ejecución de este proyecto, grupos de investigación integrantes del mismo, han trabajado en la puesta a punto de procesos de tratamientos adicionales o complementarios que permiten adecuar las calidades de las aguas regeneradas a los usos a los que se destinan con la finalidad de reducir la contaminación en las aguas residuales, lo que redundará en favor de la calidad del agua obtenida. Así mismo, se han llevado a cabo estudios sobre las posibilidades de aplicación del agua residual tratada y regenerada como agua de riego. Con estos ensayos, se ha pretendido obtener datos técnicos, analíticos y productivos con los que comprobar la viabilidad de la reutilización del agua residual con fines agrícolas. Los ensayos mencionados comprenden: Reutilización del agua residual urbana tratada en cultivos industriales: Tabaco para obtención de productos de interés en la industria.

- Evaluación de riesgo del riego con agua residual depurada en un cultivo industrial.
- Reutilización del agua residual urbana regenerada mediante microfiltración en cultivos hortícolas: cultivo de lechuga.
- Reutilización del agua residual urbana regenerada mediante foto-Fenton solar en cultivos hortícolas: cultivo de calabacín.
- Herramientas biológicas para la evaluación de las consecuencias ambientales del uso de aguas regeneradas para riego en suelo agrícolas.
- Microcosmos Terrestres (Sistemas multi-especie MS 3).

- Utilización de los sistemas MS 3 para la evaluación de riesgo ambiental de una muestra de agua depurada utilizada para riego en un suelo agrícola.
- Herramientas para el estudio de movilidad de contaminantes en el suelo: Mesas de esorrentía y lixiviación.
- Estudio de semi-campo para valorar la movilidad de contaminantes en las aguas depuradas cuando se utilizan como riego en suelos agrícolas.

Con estos ensayos, se ha pretendido obtener datos técnicos, analíticos y productivos con los que comprobar la viabilidad de la reutilización del agua residual con fines agrícolas. La caracterización química del efluente puso de manifiesto la presencia de nitritos, amoniacó y nitrógeno total en concentraciones elevadas. Investigación de la Universidad de Almería, del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) y la Asociación de Organizaciones de Productores de Frutas y Hortalizas de Almería (COEXPHAL).

Tecnología para la depuración de aguas residuales mediante una planta de tratamiento de bajo costo de operación y mantenimiento que utiliza bacterias y flores ornamentales como filtros naturales

Los resultados de esta tecnología, patentada como Hydropure, es una planta de tratamiento de aguas residuales que parece un florido jardín y que además está libre del desagradable olor que emana de las instalaciones convencionales.

Este proceso se realiza por medio de plantas ornamentales como la caña de las Indias (*Canna indica*), el ave del paraíso (*Strelitzia reginae*), el agapanto africano (*Agapanthus africanus*), el alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*) y el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).

Los procesos desarrollados son totalmente naturales en cada una de sus fases, por lo que no se requieren sustancias químicas ni componentes mecánicos complejos. Siendo la primera fase la separación de sólidos gruesos, luego pasa a un proceso anaerobio donde se elimina el 50% de la carga orgánica. Continúa a un reactor anaerobio de flujo ascendente que contiene material muy poroso que genera una biopelícula de bacterias anaerobias que constantemente están degradando la materia orgánica, bajando

la carga orgánica hasta el 80 %. Siendo el tercer tratamiento el humedal artificial subsuperficial, en donde la carga orgánica se reduce de 98 a 99% a través de la captura de nutrientes y otros compuestos orgánicos de la vegetación ahí sembrada.

Al finalizar el proceso, la calidad del agua tratada cumple con los requerimientos de las normas oficiales mexicanas en la materia. Y por ende queda lista para ser reutilizada en sistemas de riego de áreas verdes o cultivos. Expertos Centro de Investigación y Asistencia de Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (Ciatej, 2016).

Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura, indican que las aguas residuales son un recurso valioso que debe utilizarse sin limitaciones siempre y cuando se tomen las medidas necesarias para proteger la salud y ambiente. Es importante realizar los estudios químicos y microbiológicos, epidemiológicos y la evaluación cuantitativa de riesgo para garantizar la calidad del agua residual y su uso seguro. En Cuba se ha desarrollado la agricultura urbana pero fundamentalmente con agua potable, de ahí la importancia de considerar las guías que se ofrecen para la futura valoración del uso de las aguas residuales tratadas en la agricultura y en otras áreas. Es necesario, además, trabajar en el proyecto de un programa de vigilancia factible de ejecutar, que permita establecer las normativas en relación con el uso de estas aguas. González González, María Isabel y Sergio Chiroles Rubalcaba, publicado en la revista cubana de salud pública 37(1). (2010).

Algunas consideraciones para el uso de aguas residuales en el riego indican que de este primer ensayo se pudo concluir que el uso de las aguas residuales crudas y mezcladas en el riego de flores provoca un aumento en los rendimientos y no constituye un peligro para la salud humana. Se debe tener en cuenta las características de las aguas para su adecuado uso y manejo. El segundo ensayo emplea agua del arroyo Guachinango, afluente del río Luyano para riego del cultivo. Indicando en este caso que siempre se tengan en cuenta las normas y directrices que para su uso están establecidas y que el sistema de filtrado a utilizar esta en dependencia de los que exija la tecnología de riego empleada. Se realizaron los mismos análisis químicos, físicos y microbiológicos a

los dos tipos de agua. Pérez Petiton y Hernández Cuello, Centro de Mecanización Agropecuaria de la Universidad Agraria de la Habana. (2010).

Técnicas de formación y Manejo del rosal, artículo publicado en la revista científica Cultivos Tropicales de 2004, indica que el mercado de flores cortadas está creciendo y el elevado consumo durante los últimos años demanda un aumento de la calidad del producto. La formación de las plantas y el manejo de su arquitectura influyen notablemente sobre el tamaño y peso de las flores, así como en la longitud y el diámetro de los tallos. Las actividades de mantenimiento que se desarrollan durante el ciclo de vida de las plantas son consideradas la parte fundamental dentro del proceso productivo de las flores de cortes, permitiendo un buen desarrollo en cuanto a número y calidad.

El cultivo del rosal y su propagación expone que las rosas cultivadas hoy en día son el resultado de numerosos procesos de cruzamiento y selección, que han dado lugar al establecimiento de tipos de acuerdo al tamaño y número de flores y al uso que se destinan, pero los llamados híbridos de té son los tipos más utilizados. Dentro del sector de flor cortada es el cultivo más importante a escala mundial calculándose que hay más de 4000 hectáreas destinadas a su cultivo.

En Cuba la producción de flores se ha mantenido a pequeña escala en manos de pequeños productores que han mantenido nuestras tradiciones, pero en la última década, gracias al movimiento de Agricultura Urbana, estas producciones se han incrementado progresivamente. Las características botánicas indicadas son:

Taxonomía: las rosas son arbustos de ornamento cultivados principalmente por sus hermosas flores, sus características y también sus vistosos y atractivos follajes. Siendo su clasificación botánica la siguiente:

- reino: vegetal
- división: espermatofito
- subdivisión: angiospermas
- clase: dicotiledóneas
- orden: rosales
- familia: rosáceas

- tribu: roseas
- género: rosa
- especie: Sp.

Morfología: la familia de las Rosáceas comprende plantas muy variadas en su aspecto, pues incluye desde plantas que no tienen más de 15 cm de altura, pasando por todos los tamaños y formas posibles de arbustos, hasta trepadoras que alcanzan los 12 m.

La característica más pronunciada en el cultivo de la rosa híbrida es ser una planta siempre verde, con floración continua.

Raíz: la rosa posee raíz pivotante, vigorosa y profunda. En las plantas procedentes de estacas este carácter se pierde, puesto que el sistema radical del rosal se vuelve proporcionalmente pequeño (aproximadamente entre 5-10 % del peso total), por lo que su capacidad productiva es menor y al cabo de uno o dos años la calidad de la flor baja significativamente. En las plantas injertadas, el sistema radical es bien desarrollado, lo que permite a estas plantas lograr una mayor producción y calidad de las flores.

Tallo: los rosales presentan ramas lignificadas, crecimiento erecto o sarmentoso, color verde o con tintes rojizos o marrón cuando jóvenes, variando de pardo a grisáceo a medida que envejecen; con espinas más o menos desarrolladas y variadas formas, existiendo variedades inermes o con muy pocas de ellas.

El tallo del rosal es leñoso y termina siempre en flor, en caso de que no ocurra un aborto. Además, en una rama que florece existe el dominio apical que no es igual para todas las yemas, existe un gradiente de control: a medida que se baja, el control es mayor. El ápice vegetativo del tallo joven desarrolla un número de hojas y luego de forma repentina empieza a desarrollar los miembros de la flor y así termina su crecimiento, o sea, que el crecimiento del tallo finaliza en una flor terminal. En la planta encontramos tallos sin flor o tallos ciegos.

Hojas: la hoja típica de los rosales tiene una superficie lisa y está compuesta de cinco o siete foliolos. Este modelo general se aplica a casi todas las variedades de jardín, pero el brillo de la superficie varía mucho según la variedad considerada. Algunas son brillantes como si recientemente se hubiera tratado con aceite; pero otras, al contrario, son totalmente mates. Las hojas de muchas variedades oscilan entre dos extremos y por ello, se distinguen tres grupos básicos: brillante, semibrillante y mate. No todas las hojas tienen cinco o siete foliolos y algunas tienen un follaje denso, muy atractivo, compuesto de numerosos foliolos pequeños. Además, la superficie de las hojas no siempre es lisa, existen hojas con nervaduras profundas rugosas, que le proporcionan un aspecto característico.

Flores: en su tipo, las flores son completas, de cinco pétalos y periginias, es decir, con el cálamo de bordes más o menos elevados alrededor del gineceo, lo que le confiere formas de tasa o copa, y lleva inserto en lo alto de los sépalos, pétalos y estambres.

Fruto: los frutos son secos, indehiscentes, monospermos y muy duros. Después de la caída de las flores, las vainas del fruto coloreadas y carnosas de algunos rosales arbustivos constituyen una nueva y hermosa decoración en el jardín otoñal. Se pueden encontrar de muchas formas (redondos, alargados, forma de botella) y colores (rojos, negros) y hasta existen escaramujos espinosos.

En algunos trabajos se encuentra que los rosales más significativos son: Rosales de Híbridos de Té, rosales Floribunda y las rosas Grandifloras.

Los rosales Híbridos de Té son generalmente de flores muy dobles, siendo además los más difundidos entre los aficionados y los profesionales. Estos generaron de sus progenitores las dos cualidades más sobresalientes, la rusticidad de la Rosa de Té y la capacidad de florecer de la remontante, ambas con mayor exaltación que las especies hidratadas. Con la conformación del grupo o clase, puede afirmarse que se ha logrado el *súmmum* de la perfección con respecto al formato de las flores y como también han sido

muy variadas las combinaciones logradas de su colorido, como el caso de la Bacará, variedad que exhibe un delicado rojo geranio por dentro y rojo bermellón por fuera. No obstante, los importantes progresos alcanzados desde hace tiempo, una de las metas más codiciadas del genetista o del rosalista es la de lograr y estabilizar el color azul de los pétalos. Y tienen la particularidad de florecer primero los de flores rojas, luego los de flores amarillas y después de flores blancas.

En el caso de los rosales Floribunda estos también heredaron de sus padres los caracteres más sobresalientes, es decir, la forma perfecta de la flor de las Híbridas de Té y la disposición en panícula de la inflorescencia de la Polyantha. Tienen como característica fundamental el porte relativamente bajo y que son agrupadas en tres tipos o categorías:

- a) rosales Floribundos bajos y enanos, cuya altura máxima alcanza hasta 40 cm.
- b) medias, cuya altura oscila entre 41 y 60 cm.
- c) altas, que se encuentran entre los 61 cm y 1 m.

Los rosales pertenecientes al grupo de las rosas Grandifloras fueron logrados por un grupo de agricultores de Estados Unidos de Norteamérica, que tuvieron como objetivo principal reunir al mismo tiempo calidad y cantidad de flores. Estos rosales se caracterizan por presentar sus flores con formato igual, pero de tamaños un poco más chicos y agrupados, dispuestas en corimbo como los rosales Híbridos de Té y Floribundas respectivamente.

Otra característica sobresaliente es el gran desarrollo alcanzado durante el primer año de cultivo y el gran vigor de crecimiento que hace posible que pueda plantarse en los jardines sin tutor, alcanzando fácilmente una altura superior a 1,80 m en el primer año de plantación. También estos reúnen las ventajas de los Híbridos de Té y los coloridos de Floribundas en especial los anaranjados y minios. Igualmente son caracteres importantes la persistencia de sus colores, la forma de remontarse y la duración de las flores, así como la textura de sus pétalos, que hacen posible que sean considerados como los rosales más modernos. La presente clasificación aún no está

aceptada por muchas sociedades de floricultura, como son la de Inglaterra, Alemania, Argentina, etc. En ese país el criterio adoptado por la Sociedad Hortícola Argentina es el siguiente: si el rosal esta despimpollado se incluye en el grupo de los Híbridos de Té y sin despimpollar como Floribundas.

Las exigencias climáticas del cultivo:

- luz: la luz es sin lugar a dudas el factor más difícil de medir y controlar. Es bien conocido que la producción se estimula en condiciones de alta irradiación. Sin embargo, la regulación de la floración y sus mecanismos no son aún bien conocidos y son objeto de continua revisión. Se ha estudiado el efecto de la alta intensidad luminosa en los rendimientos de flores de rosas encontrando que, a mayores niveles de iluminación, tanto de radiación natural como con iluminación suplementaria, aumenta el rendimiento y la calidad de la flor. De todos modos, para efectos prácticos, conviene tener presente que la cantidad total de luz recibida por el cultivo condiciona la producción final en mayor medida que cualquier otro factor. La alta irradiación ejerce una acción promotora directa sobre la floración, independientemente de su efecto sobre la fotosíntesis.
- temperatura: la temperatura es otro factor ambiental que tiene un efecto decisivo sobre la calidad y la producción. De forma general, se puede decir que la velocidad de crecimiento de las plantas se duplica por cada 10° C de incremento en la temperatura. Las temperaturas óptimas de crecimiento se consideran que son de 17 a 25° C, preferiblemente ni debajo de 17° C ni por encima de 27° C. Bajo temperaturas elevadas, las flores son pequeñas, teniendo pocos pétalos y color más pálido. Las temperaturas frías, la temperatura nocturna continuamente por debajo de 15° C también afecta seriamente a la planta; el crecimiento se atrasa, las flores desarrollan un gran número de pétalos y se deforman y aplanan, produciendo flores llamas cabezas de toro. Las óptimas que dependen de la iluminación existente, se sitúan por los 21 y 24° C durante el día y de

15 a 16° C durante la noche. Las altas temperaturas provocan una rápida y temprana apertura del botón floral, de manera que se desarrollan rápidamente nuevos brotes por lo que se obtendrá una mayor producción, al contrario de las bajas temperaturas que reducen la producción y tardan más en florecer. El efecto de la temperatura en la longitud del tallo floral de tres cultivares de rosa, se encontró que la longitud del tallo floral en un ambiente controlado, fue más corta a 30 que, a 20° C, el número de hojas fue el mismo independientemente de la temperatura.

Sustratos: el uso de un sustrato adecuado para el cultivo de plantas ornamentales conformado por mezclas de diferentes materiales es una práctica muy importante a nivel de vivero, ya que cada vez es más difícil obtener suelos con características deseables para su crecimiento. Aunque el rosal no es especialmente exigente en suelos, prefiere los profundos, medianamente compactos a un suelo muy ligero y deben ser fértiles frescos. Se plantea que las rosas toleran un suelo ácido, pero son intolerantes a elevados niveles de calcio desarrollándose rápidamente las clorosis debido al exceso de este elemento. Tampoco soporta elevados niveles de sales solubles, recomendándose no superar el 0,15 %. Con tal propósito resultan preparadas mezclas típicas:

- tierra franca 6 partes, Materia orgánica 1 parte, Arena dulce (rio) 1 parte y Carbón vegetal 1 parte.
- tierra franca 1 parte, Arena dulce (rio) 1 parte y Materia orgánica 1 parte.

Requerimientos nutricionales: de los 16 elementos químicos conocidos hasta ahora como necesarios para el desarrollo del rosal, 13 son derivados del suelo y absorbidos por las raíces, aunque pueden ser absorbidos en pequeñas dosis por las hojas. La falta de uno o más elementos esenciales provocan la aparición de síntomas de deficiencia en las hojas o en las flores y afecta así mismo el vigor y la manifestación floral. Se acostumbra a dividir estos elementos en tres grupos: nutrientes primarios o macronutrientes (nitrógeno, fosfatos, potasa); nutrientes secundarios o intermediarios

(calcio, magnesio) y los micronutrientes (hierro, boro y manganeso). En los niveles de nutrientes aplicados el nitrógeno parece ser el más decisivo de todos los elementos para los procesos de crecimiento y formación de las flores. No obstante, suelen recomendarse incorporar a la solución nutritiva cantidades de potasio relativamente altas (superiores a las de nitrógeno) atribuyéndoles importancia para obtener flores de calidad, pero no se conocen publicaciones que lo demuestren.

En cuanto a la temperatura del suelo, varios autores coinciden con un valor de 21°C aproximadamente.

Manejo del riego: el grado de humedad que se mantenga en el suelo es muy importante para el buen crecimiento del cultivo. Se debe mantener el suelo siempre húmedo, un tanto más alto que la capacidad de campo, pero sin llegar al punto al punto de saturación permanente, ya que la falta de oxígeno en las raíces puede traer muchas alteraciones a las plantas.

El rosal es atacado por hongos, bacterias y virus.

Enfermedades no contagiosas: problemas ambientales (aparecen desordenes fisiológicos que no tienen que ver con una enfermedad contagiosa. Pueden ser causadas por varios factores):

- exceso de sales
- deficiencia de oxígeno
- cambios en la pigmentación de los pétalos
- daños por la contaminación del aire.

Fisiopatías:

- tallos ciegos
- deformaciones en la flor
- cuello doblado
- cuello de cisne o de ganso.

Problemas nutricionales:

- aparición de nitritos
- exceso de microelementos.

Por lo tanto, es preciso valerse del nivel internacional alcanzado en el desarrollo de tecnologías de producción y comercialización de la horticultura ornamental, apoyada en la existencia de cooperativas y productores independientes con tradición en el cultivo, así como el elevado nivel técnico y científico del país, que posibilita la asimilación y el desarrollo de tecnologías foráneas. Todo ello va encaminado a aumentar los volúmenes de producción de flores para cubrir las demandas de consumo tan creciente en los últimos años y de esta forma satisfacer los gustos estéticos de la población. Yong Ania Departamento de Fitotecnia del Instituto Nacional de Ciencias Agrarias, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. (2004).

Influencia del riego con aguas residuales domesticas tratadas sobre el contenido de patógenos en un suelo cultivado con caña de azúcar, evaluaron el efecto de la irrigación con agua residual tratada, sobre el contenido de coliformes fecales, E. Coli y huevos de helmintos de un suelo con caña de azúcar. Donde emplearon tres aguas de riego: agua de pozo, agua residual tratada por tratamiento Primario Avanzado (TPC) y se realizó seguimiento durante los doce meses de cultivo. Aunque los resultados mostraron que las aguas residuales evaluadas presentan restricción en su uso para riego agrícola, por lo valores altos de coliformes totales, E. Coli y huevos de helmintos, las variables microbiológicas evaluadas al suelo mostraron que la concentración de E. Coli disminuyó desde el día de la siembra hasta el día de la cosecha y el análisis estadístico de las variables microbiológicas mostro que no existen diferencias estadísticas significativas entre los valores medios de los tratamientos. Silva Leal Jorge, Patricia Torres Lozada y Carlos Madera Parra, Colombia. (2014).

Efecto del manejo de cortinas sobre los días de cosecha y la calidad en rosa de exportación (Rosa sp. Var. Freedom) cultivada bajo invernadero indica que la rosa es una planta perenne, que forma tallos florales de manera constante. En la producción de rosas existen factores de crecimiento indispensables para su producción. Los más importantes son luz, temperatura, agua y humedad relativa. La variedad Rosa sp var Freedom (Rosácea), es una de las más comerciales y comunes en el mercado actual, por tanto se destaca por su alta vigorosidad, y de producción de tallos para flor de corte.

Además es conocida en el mercado como una variedad de tallos largos, con una apertura de botón lenta, de colores rojos, que tiene muy buena duración en florero y una planta resistente a las plagas y enfermedades. Lo que la clasifica a esta como una variedad de alta producción y calidad en diversos climas. Los invernaderos en Ecuador tienen una estructura básica con cubierta de plástico generalmente. Se busca mantener los tres tipos de movimiento del aire en equilibrio, entre los que constan la conducción, la convección y la infiltración.

El objetivo general de esta investigación fue el de evaluar dos tratamientos de manejo de cortinas que influyen el ambiente donde se cultivan las rosas de invernaderos de rosas variedad Freedom y en dos localidades de la sierra ecuatoriana. Se comparó el ciclo de producción y la calidad de los tallos al momento de ser procesados en post-cosecha. El estudio demostró que la aplicación del tratamiento cerrado presenta un leve incremento en el largo del tallo e incremento de calidad grado extra en la zona 1, en donde en promedio los tallos son 5.76 cm más largo que los del tratamiento cerrado resultaron 3.17 cm más corto en promedio. En el análisis de largo de tallo, largo de botón, se detectó que todas estas variables son iguales en los tratamientos de cortinas cerradas versus las combinadas.

El parámetro más importante de la calidad en las rosas de corte y exportación es el largo de tallo. A pesar de que en las mediciones realizadas en campo de los 360 tallos no se encontró una diferencia aparente. Según los parámetros de calidad, como son el largo del tallo, largo y ancho del botón cosechado, se encontró que, a pesar de tener una tendencia a mejorar la calidad en el largo de tallo, los resultados no demuestran que estadísticamente exista diferencia. Brown Pérez y col. Revista Avances en Ciencia e Ingenierías, Quito Ecuador. (2013).

Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de coro, Estado de Falcón. Las aguas residuales pueden constituir una alternativa en las zonas semiáridas donde hay escasez de este recurso, no solo por ser una fuente de agua para los cultivos, sino por el aporte de nutrientes que mejoran la fertilidad del suelo, dado los altos contenidos de materia orgánica usualmente presentes en la misma. El área de estudio abarca una superficie de 638 ha. Los suelos presentan

texturas muy finas y un desarrollo estructural en un rango de débil a moderado. El drenaje interno y externo es de moderado a lento; de permeabilidad muy lenta y pH alcalino. La fertilidad natural de estos suelos es baja y por lo general presentan problemas de erosión y salinidad. El diseño experimental se basó en un estudio cuasiexperimental, en el que se evaluaron los siguientes tres tipos de uso de la tierra: a) pastizales con uso permanente de aguas residuales; b) hortalizas con uso intermitente de aguas residuales; y c) suelo virgen sin uso de aguas residuales. Para el tratamiento con pastizales se obtuvieron ocho muestras compuestas (sector San Isidro), para el de hortalizas tres muestras compuestas (sector Valle Verde) y para el suelo virgen dos muestras compuestas (sector Santa Rosa), obteniéndose un total de 13 unidades de observación. Se evaluó el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado en la unidad de producción, el cual consiste de dos lagunas de oxidación colocadas en serie. Para ello se recolectaron muestras de agua en el sitio de descarga de aguas residuales, en ambas lagunas, y en la descarga hacia la parcela de riego. Las muestras fueron analizadas, determinándose los coliformes fecales, coliformes totales, pH, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), aceite y grasas, fósforo total, nitrógeno total, sólidos totales, disueltos y suspendidos, y los metales Fe, Zn, Cu, Cr, Cd y Pb.

Se evaluaron las variables químicas del suelo como carbono orgánico (Walkley y Black), pH y conductividad eléctrica, así como Ca, Mg, K, Cd y Pb (absorción atómica) y capacidad de intercambio catiónico (extracción con acetato de amonio y cuantificación por absorción atómica). Los resultados fueron analizados como un diseño completamente aleatorio.

Los resultados en la caracterización del sistema de tratamiento de aguas residuales sugieren que, aparentemente, estas aguas podrían ser tratadas por medios biológicos en virtud de que no se detectó contaminación por metales pesados. Las dos lagunas de oxidación reflejan el mismo porcentaje de remoción de materia orgánica, y no hay remoción efectiva de los nutrientes P y N. Este aspecto parece importante desde el punto de vista agrícola ya que los incrementos de carbono orgánico, fósforo y nitrógeno pueden mejorar la fertilidad del suelo. A pesar de los altos contenidos de cloruros encontrados en las aguas residuales y que no fueron removidas eficientemente

por las lagunas de oxidación, los niveles de conductividad eléctrica no fueron altos (<800 $\mu\text{S}/\text{cm}$), por lo que es baja la posibilidad de ocasionar salinización del suelo por el uso prolongado de estas aguas.

El uso de aguas residuales produjo cambios en las propiedades químicas del suelo, debido a los aportes de materia orgánica que se reflejaron en incrementos del contenido de nutrientes (fosforo y potasio), lo que conllevó a mejorar la fertilidad del suelo en los pastizales bajo riego permanente en comparación a las áreas bajo riego intermitente (hortalizas) o el área bajo suelo virgen. El uso prolongado ocasionó problemas de contaminación en el suelo debido al incremento en los contenidos de metales pesados (cadmio y plomo), constituyendo un riesgo de contaminación para las poblaciones que consumen las hortalizas y los animales que comen los pastos.

El aumento obtenido en los contenidos de materia orgánica fue similar a los reportados por Nascimento et al. (2004) quienes hallaron incrementos de 53% en un suelo Espodosol y 62% en un Argisol luego de la aplicación de aguas residuales en suelos de la zona semiárida brasileña.

El incremento del P total fue significativamente mayor ($P \leq 0,05$) en el tratamiento donde se utilizó aguas residuales en pastizales de forma continua. Luego de la aplicación de las aguas residuales se observó un incremento significativo en el contenido de K en aquellos tratamientos donde se utilizó el agua residual de manera constante en comparación con los otros dos tratamientos, y entre estos el suelo virgen tendió a presentar el valor más bajo. La utilización continua de las aguas residuales contribuyó a una disminución significativa en los valores de pH. No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos para la conductividad eléctrica del suelo.

Actualmente el reúso en Argentina atraviesa un período de expansión para riego de diversos cultivos. Zamora, Rodríguez, Torres, Yendis. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Revista Bioagro 20(3). (2008).

Aplicación el reúso de agua residual para riego en agricultura, según los datos del Departamento General de Irrigación de la provincia de Mendoza, marzo de 2017. Donde los cultivos permitidos de acuerdo al nivel de tratamiento del efluente, según la

Resolución n° 400/03 que reglamenta las áreas de cultivos restringidos especiales (ACRE), para tratamiento primario son:

- forestales de hoja perenne.
- cultivos forrajeros recolectados y secados al sol antes de ser consumidos por los animales.
- cultivos cuyas frutas, hojas, bulbos, tallos, tubérculos que obligatoriamente necesiten procesos industriales antes de su consumo.

En cuanto a tratamiento secundario se tiene:

- cultivos de pastos, forrajes verdes para pastaje directo.
- cultivos cuyas partes vegetales para consumo humano no entren en contacto directo con las aguas de reúso, si se riegan por aspersión.
- cultivos para consumo humano que normalmente se ingieren después de ser cocinados. Donde se deja de regar un mes antes de cosecha.
- cultivos para consumo humano cuya cascara no se come evitando que el agua de reúso se ponga en contacto con el producto.

La generación de efluentes a reúso es de 355.000 m³/s, que permite regar un total de 23.030 hs.

Estrategias, Dificultades y Beneficios en la Aplicación del Reúso del Agua Tratada en Tres Municipios de la Patagonia tiene como objetivo principal el de comparar tres experimentos de tratamiento y disposición final del agua en el municipio de Puerto Pirámides (PP), Puerto Madryn (PM) y Trelew (TW), haciendo hincapié en los beneficios que se han obtenido o podrían obtenerse y en las dificultades con que se han encontrado, junto con una descripción de la situación hídrica de cada uno de los municipios.

Entre las opciones de reúso para el agua tratada que han puesto en práctica tanto en zonas urbanas como peri-urbanas mencionan:

- riego en actividades agrícolas, floricultura y forestal.
- riego de parques, campos de deportes y espacios verdes.

- recarga de acuíferos, de humedades, de refugios para la vida silvestre, y de lagos y lagunas urbanas.
- uso industrial (como agua para enfriamiento, vapor de agua en la generación de energía eléctrica y en el procesamiento de materiales).
- acuicultura.
- otros usos (protección de incendios, en aires acondicionados, control del polvo en suspensión, descarga de inodoros).

De todas las prácticas mencionadas, la reutilización en riego productivo es la que mayor difusión ha tenido hasta el momento (Asano & Levine, 1996). Entre los beneficios de utilizar este recurso correctamente tratado, podemos mencionar (Feigin et al., 1991; Biswas et al., 1999; Yadav et al., 2002)

- se reduce la descarga de este líquido en el ambiente, reduciendo la contaminación, siendo todavía más significativo si el cuerpo receptor es fuente de agua potable para otras localidades.
- se logra un ahorro efectivo de agua potable en usos que pueden tolerar agua de menor calidad.
- se puede mejorar la economía de regantes, que reemplacen el riego con agua potable por el riego con agua residual tratada (contando con una fuente de agua constante, rica en nutrientes y materia orgánica).
- se puede generar una nueva actividad económica en aquellos casos en que dicha práctica resulta inviable por escasez de agua dulce.
- se minimiza el uso de agroquímicos y fertilizantes al disponer de agua rica en nitrógeno, fósforo y otros nutrientes.

En decir, la utilización permite aumentar el rendimiento productivo y se suma la posibilidad de utilizar los nutrientes que transporta el agua residual. Y otra ventaja del reúso en la disponibilidad de líquido para riego importante, predecible y constante, lo cual permite poder planificar sustentablemente y evaluar la viabilidad y las dimensiones de emprendimientos productivos de riego.

En cuanto a la descripción de los sistemas de tratamiento bajo estudio se tiene:

- Municipio de Puerto Pirámides es primario con 4 lagunas en paralelo con una profundidad de n 1,5 m sin desinfección con calidad sanitaria del líquido tratado es categoría B (OMS, 1989) y niveles bacteriológicos menores a 150000 NMP/100 ml.
- Municipio de Puerto Madryn es primario con 2 lagunas facultativas y una tercera de contención para excedentes de profundidad 1,5 m sin desinfección, cuya calidad del líquido tratado es categoría A (OMS, 1989) y niveles bacteriológicos mayores a 1000 NMP/100 ml.
- Municipio de Trelew es primario con 3 lagunas en serie. Sin diseño de ingeniería y sin desinfección, encuadrándose en la categoría A (OMS, 1989) pero con conductividad elevada.

En las conclusiones se indica que el tratamiento y reúso de agua residual muestran que llegar a un manejo integral del líquido residual depende de una variedad de factores, como ser técnicos, sociales, económicos y políticos.

En cuanto a factores identificados menciona el grado de presión sobre el recurso hídrico (escasez de agua, necesidad de proteger un cuerpo receptor cercano), necesidad de obras de infraestructura (planta de tratamiento eficiente, desinfección en caso de ser necesario, conducción del agua tratada, superficie donde disponer el líquido); una dirigencia política y una comunidad en general consiente e informada de los beneficios del reúso.

El resultado de estas experiencias nos muestra que se debe y se puede alcanzar un manejo integral del agua residual. La difusión de experiencias concretas como las aquí descritas, es una buena herramienta para su incorporación en nuevos Municipios. Faleschini Mauricio, 3er encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Humanos (IFRH 2016).

Fuentes alternativas de riego. Aguas residuales, Córdoba 2014 de la Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe, plantea que el reúso de las aguas no puede mirarse desde un solo sector, como la agricultura, se requiere de una

perspectiva más amplia que considere las ciudades y el medio ambiente. Estos 3 actores son interdependientes en el ciclo del agua y por lo tanto, la cooperación entre ellos es fundamental para que el proyecto de reúso cobre sentido.

La Argentina posee entre un 76 al 90% de población con instalaciones mejoradas de saneamiento, lo que se traduce en la potencialidad de coordinar la necesidad de riego (demanda de la agricultura) con saneamiento (oferta de las ciudades).

Siendo la filosofía actual del saneamiento ecológico circular y sostenible, donde la zona urbana provee de agua, nutriente y materia orgánica a la agricultura, y esta a su vez provee de alimentos, empleo e ingreso económico. Esta filosofía de reúso seguro conjuga beneficios para:

- el agricultor como ser agua durante todo el año, nutrientes y materia orgánica.
- las ciudades tendrán seguridad alimentaria y tratamiento de bajo costo.
- para el medio ambiente reducción de la contaminación, de la extracción de agua dulce y de la huella de carbono.

Y costos relacionados al tratamiento y barreras para evitar y minimizar riesgos (virus, bacterias, helmintos, metales pesados, nuevas infraestructuras (bombeo); costos medioambientales (salinización) y costos a la salud.

Se aplicara esta filosofía cuando los beneficios sean mayores que los costos. Pilar Román *FAO para América Latina y el Caribe*.

Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques, indican que los países están buscando métodos seguros, inocuos para el medio ambiente y eficaz en función de los costos, para depurar y eliminar las aguas residuales. El aprovechamiento de las aguas residuales urbanas (tanto de los efluentes de las cloacas como industriales) para el riego de bosques, plantaciones forestales, zonas verdes y árboles para el esparcimiento. El mencionado aprovechamiento controlado en gran escala se remonta solo al siglo pasado. Es evidente que se necesitan más investigaciones sobre los efectos de la carga de nutrientes, el manejo del sistema afluente-suelo-cultivo y la elección cuidadosa de las especies que se van a regar. Se deben desarrollar técnicas

apropiadas y normas de calidad del agua para el riego de los árboles. La integración de árboles con los cultivos (agrosilvicultura), puede contribuir a equilibrar el aporte de nutrientes de la aplicación de aguas negras y su absorción por las plantas, dado que la demanda de nutrientes de los árboles disminuye después de los primeros años de crecimiento rápido, la introducción de cultivos en los años sucesivos puede hacer que la absorción de nutrientes se mantenga constante y se evite el riesgo de exceso. Obviamente existe un potencial que incita a utilizar las aguas negras para el riego en la agrosilvicultura, pero tendrán que llevarse a cabo muchas investigaciones antes de que pueda explotarse este potencial. FAO, Braatz Susan, Dirección de Recursos Forestales; Kandiah Arrumugan, Servicio de Fomento y Ordenación de Recursos Hídricos. (2009).

Los valores de venta de los cultivos de flores de corte se triplicaron con respecto a años anteriores a partir del año 2002 en la provincia de Tucumán. Estimándose que el negocio de las flores, incluyendo florerías instaladas, puestos fijos de venta ambulante en las peatonales u otras calles, y los cementerios, produce anualmente \$ 300.000. Pero un porcentaje muy pequeño de este monto queda en Tucumán, ya que el volumen más importante de flores se trae de otras provincias. Según estimaciones privadas, la producción de flores de corte en Tucumán en manos de una decena de productores y las plantas ornamentales se encuentra en manos de unos 40 productores. Estos emprendimientos se efectúan en 106,88 hectáreas de las cuales 102,63 se realizan al aire libre sin cubierta y tan solo 4,25 hectáreas se desarrollan en invernaderos. Las principales zonas en la que se producen flores en nuestra provincia son: La Rinconada, los faldeos de la sierra de San Javier, Concepción, Lules y Tafi Viejo (La Gaceta, 2002).

En la provincia de Tucumán, se cultivan y producen plantas ornamentales como rosas, claveles, crisantemos, jazmín del Cabo entre otras (Revista Economía y Vivero, 2011).

En la provincia de Tucumán, cuenta con una variedad de microclimas favorables para el cultivo de flores. Sin embargo, no se observa una producción que aproveche estas condiciones, debido a factores relacionados, entre otros a falta del recurso agua en ciertos sectores. Se considera que el reúso del agua residual aportará una variable de

solución a favor de la estructura productiva que sea compatible con la estructura de trabajo familiar.

Gran cantidad de nutrientes (potasio, fosforo, sodio, magnesio, nitrógeno) presentes en las aguas residuales tienen valor como fertilizantes y aumentan el rendimiento de los cultivos, pero los metales tóxicos presentes pueden causar efectos nocivos a la salud pública y a los cultivos si no se utiliza el tratamiento y el manejo adecuado.

Por razones económicas, el costo de estos análisis sólo debe ser una pequeña parte del costo total del proceso y por lo tanto no pueden evaluarse todos los agentes patógenos, debiendo seleccionarse los indicadores más representativos (Almeida de Souza, 1997).

En la República Argentina se colectan diariamente millones de m³ de aguas residuales que se vierten a los lagos, ríos y mares, sin tratamiento, contaminándolos microbiológicamente, creándose un grave problema de salud pública. Solamente un 10% de estas aguas residuales recibe tratamiento antes de ser descargadas en los cuerpos de agua superficiales o antes del uso para riego directo de productos agrícolas. Si en los próximos años se lograra ampliar este servicio al 90 % de la población, se produciría un volumen de desagües que agravarían aún más la contaminación. Como guía para control operacional se pueden medir diversas características o propiedades de los microorganismos presentes a través de los tratamientos biológicos (reactores aeróbicos y anaeróbicos).

Estudios epidemiológicos recientes sugieren que un nivel significativo de enfermedades gastrointestinales endémicas transmitidas por agua, puede ser atribuidas a su no detección en las aguas residuales que se introducen en los sistemas de distribución. Los Virus Entéricos Humanos son algunos de los principales patógenos transmitidos por agua, por lo tanto, es lógico que sirvan como indicadores de calidad. Esta afirmación se basa en que la presencia o ausencia de bacterias no son predicción confiable de contaminación por virus en aguas residuales. La obtención de un valor cero en aguas acabadas es una meta imposible de alcanzar, se necesitan y son más importantes y reales valores standard de virus (huevos de helmintos) para aguas crudas. La limitación del empleo de los virus como indicadores es una complejidad de los métodos para su

detección, en términos de costo, tiempo, equipo y personal entrenado; aunque las técnicas se hagan más eficientes, siempre el procedimiento será dificultoso.

Las aguas residuales de la ciudad de San Miguel de Tucumán llegan a la planta de tratamiento de San Felipe, donde se separan por métodos convencionales los líquidos de los sólidos por simple decantación del agua, que elimina la materia orgánica particulada. Luego un tratamiento secundario de barros activados intenta conseguir que la materia orgánica disuelta en el agua, se transforme en biomasa bacteriana o barro y que se separe fácilmente del agua por decantación. Los barros resultantes se degradan posteriormente por bacterias anaerobias en digestores y se depositan en escombreras. Lo obtenido de esta manera, implica riesgos para la salud pública y sanidad ambiental porque este sistema no logra eliminar todos los microorganismos patógenos, por el gran volumen de residuos que se genera (Naval, 1996).

Respecto a la planta de tratamiento, se puede destacar que funciona deficientemente y la calidad de los vuelcos no contribuye al saneamiento de la corriente del Río Salí y sus afluentes. Se propone el tratamiento de los efluentes sanitarios en la planta San Felipe, por lo que se requiere que la misma sea ampliada y reacondicionada, lo cual permitirá que el gran aporte de líquidos cloacales de San Miguel de Tucumán sea debidamente tratado antes de su vuelco al Río Salí.

Esta ejecución permitirá solucionar importantes aspectos ambientales que, contribuyendo favorablemente con el saneamiento de las aguas superficiales del río, que actualmente se encuentran fuertemente contaminadas por los vuelcos de efluentes industriales.

En el diseño de la planta se propone una primera etapa de dos módulos de tratamiento, cada uno dimensionado para tratar un caudal medio de diseño de $3.200 \text{ m}^3/\text{h}$ y 200.000 habitantes equivalentes. En la fase final la capacidad de la planta ampliada corresponderá a tres módulos, hasta completar un caudal total de 9.600 m^3 . Considerando la amplitud del proyecto, su área de intervención y en el medio ambiente donde se implantará, no se han identificado impactos ambientales negativos que pudieran impedir o comprometer de manera insalvable el desarrollo del proyecto.

El tiempo puede ser una solución para inactivar los virus en los barros, pero el crecimiento demográfico y la concentración urbana, con el consiguiente aumento de efluentes, no lo permiten y obligan a buscar tecnología adecuada para descontaminar las aguas residuales que se vuelcan diariamente en los cursos de agua y que ponen en riesgo la salud de la población.

Los métodos desarrollados actualmente para eliminar los agentes patógenos son incineración, tratamiento químico, altas temperaturas o irradiación (UTN, 2008).

La Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), desarrolló en Tucumán la planta de irradiación de barros cloacales, como complemento de la planta de San Felipe, para resolver el reciclaje de residuos de manera segura, económica e inocua (Graíño, 1998).

La CNEA ha verificado la disminución de bacterias y parásitos en los barros y se han efectuado estudios de factibilidad de uso agrícola como abono (Magnavacca, 1998).

Algunos países controlan por legislación el contenido en los barros, de bacterias, parásitos, metales pesados y están incorporando la detección de virus.

Análisis de sistema de tratamiento de aguas residuales, se analizó y verificó un sistema de tratamiento de aguas residuales de una unidad de producción de una empresa global que realiza ventas de camiones, buses y servicios en 100 países, con el objeto de establecer si es apta para riego de cultivos, de acuerdo a normas internacionales de calidad de agua. Conclusiones obtenidas:

- buena remoción de sólidos sedimentables
- oxígeno disuelto nulo al ingreso al sistema y su valor asciende a 6,1 mg/L a la salida del sistema y es apto para ser descargado en recurso hídrico
- BDO₅ varía desde 230mg/L al ingreso y de 34,1 mg/L a la salida
- valor de pH final es compatible con las normas de vuelco de la Ley N° 6529/1994.
- en la descarga final la cantidad de huevos de helmintos es menos que 1 y de 140 Coliformes fecales por cada 100 m/L valor no compatible con lo

establecido en Normas de Engelberg para riego irrestricto de cultivo.
(Moya N. S. et al., 2004)

Ensayo de laboratorio de cultivo de flores con agua residual tratada. Riego con agua residual pura (100%) y diluida con agua potable al 75%, 50% y 25% (no se tuvieron en cuenta otros porcentajes de dilución). Se observó que se obtiene igual desarrollo de los plantines con la dilución 50% y el regado con agua potable. Con la dilución 25 % se ha frenado el desarrollo de los plantines produciendo el secado del mismo. El agua residual cloacal fue extraída a la salida de la planta de tratamiento del Barrio los Señaleros de la localidad San Ramón de San Miguel de Tucumán, que se localiza en la Av. de Circunvalación y Av. San Ramón. (Moya, N. S. et al., 2005)

Planteo del estado de contaminación de la cuenca Río Salí Dulce. Conclusión: se ha conseguido agua no apta para riego, por lo que surge la necesidad de encarar un estricto programa de control para preservar la calidad de los recursos hídricos. También es necesario fijar lineamientos en relación a una política hídrica a aplicar en la provincia en base a los recursos de aguas existentes y a la economía regional. (Neme N. et al., 2001)

3. REÚSO DEL AGUA

La naturaleza se defiende de la agresión humana reaccionando simplemente ante un fenómeno que la perturba. Cualquier medio natural de nuestro planeta, lagunas y ríos entre otros, es un sistema natural de depuración de aguas contaminadas al que podemos llamarlo también sistema biológico de depuración (Atlas Mundial del Medio Ambiente, 1996).

A través del tiempo los seres humanos tratamos de actuar en la vía de la naturaleza adaptándonos y utilizando su acción para corregir y minimizar los impactos que por errores provocamos sobre el medio natural. En este camino, el tratamiento de las aguas residuales mediante sistemas biológicos compuestos por sistemas agrarios convencionales y no convencionales mejora sustancialmente el estado de calidad de aguas y suelos. Por agrario convencional consideramos al sistema productivo de carácter artificial, basado en el consumo de determinados insumos considerados externos, como es el caso de la energía fósil, herbicidas y pesticidas, abonos químicos que sean sintéticos. En el adaptación a la naturaleza es teniendo presente suelo, vegetación, climatología y aguas para depurar, tratar, mejorar, utilizar y reciclar, (aguas de baja calidad) (Calvo, 1995).

Se debe tener en cuenta que la depuración de las aguas exige un doble planteamiento: por una parte, tratarlas para que resulten aptas para el consumo y, por otra, evitar su deterioro, para lo cual es necesario: primero instalar depuradoras para luego, emplear filtros y unidades de tratamiento de residuos en aquellos puntos donde la industria o las actividades agropecuarias realizan sus vertidos, impidiendo de esta forma contaminar.

El reúso de aguas residuales tratadas implica el aprovechamiento de los nutrientes que contiene, para el crecimiento de los cultivos.

En un estudio potencial llevado a cabo por el Gobierno Nacional y FAO en nuestro país, se ha planteado que hay una fuerte competencia entre la agricultura y otros fines, como el industrial y el doméstico, ya que se estima una utilización del 70% de agua dulce para la agricultura. Por lo que insta al aprovechamiento en los cultivos de agua residual que contiene materia orgánica y nutriente, lo que permitiría aliviar en parte ese

porcentaje de uso de los recursos hídricos.

También se menciona costos de bombeo por el valor económico que cobra el agua en las ciudades de la zona de influencia y costos sobre el ambiente y la salud humana. Es necesario tener en cuenta que la Organización Mundial de la Salud publicó en 2006 las Guías de uso seguro de aguas residuales en agricultura (capítulo 4). Donde se ha planteado un pasaje de una metodología convencional de calidad de agua para riego (Guías del año 1989) a un enfoque multi-barrera, en la que el contacto de los patógenos con el ser humano se reduce a lo largo de la cadena de producción de alimentos.

El objetivo final del mencionado estudio es el de transmitir el mensaje que el reúso de las aguas no puede verse desde un solo sector, como la agricultura, sino que se requiere de una perspectiva más amplia que considere las ciudades y el ambiente.

Estos tres actores son interdependientes en el ciclo del agua y, por tanto, la consideración de las sinergias y de la integración entre ellos son fundamentales para que un proyecto de reúso de aguas residuales tenga sentido.

El enfoque de barreras múltiples implica el uso de una serie de barreras a lo largo de la cadena de reúso de aguas tratadas o parcialmente tratadas, en lugar de centrarse sólo en la calidad de las aguas servidas en su punto de utilización. (PROSAP, 2013).

El informe AQUASTAT¹ indica que la provincia de Tucumán tiene un 43,39% de cobertura de saneamiento de áreas urbanas en el año 2010, tomando como referencia a la ciudad de Buenos Aires que tiene casi el 100% de cobertura.

En cuanto al tratamiento de aguas residuales se elevó en 35% en 2011 en relación a 12% en el año 1999 según lo estimado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), por lo que la producción de agua residual varió entre 180 a 230 L/hab/año.

¹ AQUASTAT es el sistema de información global sobre el agua de la FAO, desarrollado por la División de Tierras y Aguas.

4. MARCO TEORICO

4.1 AGUA RESIDUAL

El reúso del agua está íntimamente relacionado con los tres pilares de la sustentabilidad, en términos de economía, salud humana enfocada en la sociedad y ambiente. Es aquí donde los ingenieros tienen un papel significativo e importante en la prestación de los servicios básicos de agua, desde la conciencia que expresa la ingeniería verde en su diseño hasta las soluciones implementadas de los problemas vistos desde el desarrollo sustentable.

La ingeniería verde en definitiva trata a largo plazo en la fase de diseño, los impactos sociales, económicos y ambientales y por lo tanto logramos sustentabilidad, donde se incluyen entre otros conceptos el pensamiento sistémico, criterios de desempeño, servicios y análisis financiero (Mihelcic y col., 2017).

Como se mencionó anteriormente la naturaleza posee un sistema biológico de depuración del agua que comprende primero el ciclo de la misma, que es continuo, pero no infinito.

El ciclo del agua recoge, purifica y distribuye el suministro fijo del agua de la tierra. Los procesos más importantes en este reciclado y purificación del agua son la evaporación (conservación del agua en vapor de agua), evapotranspiración (evaporación desde las hojas del agua extraída del suelo por las raíces y transportada por toda la planta), transpiración de suelos, masas acuáticas y animales, condensación (conversión del vapor de agua en pequeñas gotas de agua líquida), precipitación (lluvia, granizo, aguanieve y nieve), infiltración (movimiento del agua al interior del suelo), filtración (flujo del agua a través del suelo y de las formaciones rocosas permeables a las zonas subterráneas de almacenamiento de agua llamadas acuíferos) y escurrimiento (movimiento cuesta debajo de las aguas hacia el mar donde se evapora para volver a comenzar el ciclo), figura 2.

La energía solar entrante evapora el agua de los océanos, corrientes, lagos, suelo y biota. Aproximadamente el 84% del vapor de agua que hay en la atmósfera viene de los mares que cubren aproximadamente el 71% de la superficie del planeta; el resto viene de la tierra (Miller, 2003).

los que se obtienen del agua misma por su uso, conseguidos por aporte de nutrientes, acción de descontaminación y mejoras del suelo como consecuencia directa del riego, en la producción agropecuario o forestal. Se aprovecha una energía disponible que generalmente se pierde y obteniendo aguas de uso agrario de calidad y a bajo precio.

El reúso de agua residual urbana para riego implica que se debe tener en cuenta la contienda de diversos factores como ser:

- agua residual.
- suelos.
- tipos específicos de vegetación: forestales, cultivos, frutales entre otros.
- factores climáticos.
- tipo de tratamiento previo
- forma de vertido.
- calidad del área del vertido.
- calidad, composición, y situación de aguas subterráneas.
- topografía.

Todo hace que este aprovechamiento necesite de una tarea técnica previa profunda, y de un seguimiento adecuado durante su aplicación que permita conocer, en todo momento, la evolución de las características físico-químico-biológica y ecológicas del medio en que se vierten y aproximarse de este modo a una previsión sobre la posible problemática futura a medio y largo plazo (Calvo, 1995).

4.1.1 PROPIEDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS PARA RIEGO

Al plantear las propiedades del agua residual urbana, es preciso conocer en detalle las características de la composición típica y los nutrientes que conforman el efluente (Calvo, 1995) (Mihelcic y col., 2014).

La composición típica de las aguas residuales urbanas cuenta con las siguientes concentraciones, tabla 2.

Parámetro	Concentración (mg/L)
Sólidos totales (ST)	350-1200
Sólidos en suspensión (SS)	100-350
Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO ₅)	100-300
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	250-1000
Nitrógeno total (N total)	20-85
Amoniaco (NH ₃)	12-50
Fósforo (P)	6-20
Grasa	50-150

Tabla 2 -Composición típica del agua residual urbana (Calvo, 1995).

Los nutrientes que contiene el agua residual urbana son considerados como una riqueza, ya que los mismos son necesarios para el crecimiento de las plantas, tabla 3.

Nutriente	Riqueza (mg/L)
Potasio (K)	26
Fosforo (P)	7
Sodio (Na)	180
Magnesio (Mg)	24
Nitrógeno Total (N total)	45
Nitrógeno Amoniacal (N amoniacal)	33
Nitrito de Sodio (N de nitritos)	0,1
Nitrato de Potasio (N de nitratos)	0,1

Tabla 3 –Nutrientes contenidos en agua residual urbana (Calvo, 1995).

Al presentar las aguas residuales urbanas distintos tipos de contaminantes, no permite encasillarlas según los diferentes tipos de tratamiento específicos orientados a los sistemas de tecnologías de bajo costo, pero sí permite establecer sus características,

que se muestran en la tabla 4:

Características químicas	Contenido Normal	Contenido Máximo	Contenido Mínimo
Sólidos disueltos (SDT, ppm)	100-300	1200	Trazas
Conductividad (K ,10 ⁵)	30-60	240	30
Boro (B, ppm)	0,1-0,4	3,8	0,1
Sodio (Na, %)	5-15	42	1
Sodio (Na, ppm)	40-70	290	30
Potasio (K, ppm)	7-15	22	--
Magnesio (Mg, ppm)	15-40	110	--
Calcio (Ca, ppm)	15-40	250	--
Nitrógeno total (N total, ppm)	20-40	42	12
Fosfato (PO ₄ , ppm)	20-40	50	2
Sulfato (SO ₄ , ppm)	15-30	75	--
Cloro (Cl, ppm)	200-50	550	20
Alcalinidad (CO ₃ Ca ppm) (Carbonato de calcio)	100-150	230	--

Tabla 4- Características de las aguas residuales urbanas (Calvo, 1995).

Las causas del origen de las aguas residuales urbanas son a partir de los residuos domésticos, arrastre de lluvia e infiltraciones.

Los residuos domésticos, procedentes de evacuación de residuos y manipulación de cocina (desperdicios, residuos de animales y vegetales, detergentes y partículas), lavados domésticos (jabones, detergentes sintéticos con espumantes, sales, etc.), actividad general de viviendas (celulosa, almidón, glucógeno, insecticidas, partículas orgánicas, etc.) y recolección de baño de humanos.

Con las precipitaciones, al caer la lluvia sobre una ciudad, arrastra partículas y fluidos presentes en las superficies expuestas (hollín, polvo de ladrillo y cemento, esporas y polvo orgánico e inorgánico de techos, partículas sólidas, hidrocarburos de vías públicas; restos animales y vegetales y sólidos de parques y zonas verdes). Cuando las precipitaciones son torrenciales, hay arrastres hasta la red de recolección de alcantarillas con gran volumen de agua, produciendo diluciones a tener en cuenta en los procesos de depuración. Las zonas verdes urbanas, por la composición de su suelo, permiten el paso del agua de arrastre hacia los acuíferos, con el consiguiente peligro de contaminación.

Por lo general las redes de evacuación de alcantarillado de las aguas residuales

son subterráneas, y en aquellos casos en que los acuíferos están próximos a la superficie por lluvias u otras causas, existe peligro de infiltraciones y fugas a través de tuberías en mal estado o con conexiones defectuosas, o simplemente por paso gravitatorio normal.

Otra causa del origen de las aguas residuales son los efluentes cloacales, que objeto de estudio del presente trabajo.

4.1.2 TIPO DE AGUA USADA EN EL ENSAYO

La materia prima, agua, es de dos tipos:

- calidad A, proveniente de planta de tratamiento de líquidos cloacales no apta para riego del Barrio los Señaleros de la localidad San Ramón de San Miguel de Tucumán, que se localiza en la Av. de Circunvalación y Av. San Ramón.
- calidad B, procedente de tres puntos de muestreos del Río Salí. (figura 1, pág. 4).

4.1.2.1 EFLUENTE CLOACAL

El efluente cloacal contiene los residuos sólidos, líquidos que constituyen las heces humanas principalmente, compuesto por deyecciones sólidas y vertidos líquidos.

En el origen de las excretas (expulsión de heces), comienza la putrefacción, que tiene lugar sobre las proteínas, tanto alimenticias como aquellas provenientes de secreciones y restos de la mucosa intestinal. Asimismo, se presentan descarboxilaciones de aminoácidos que producen lisina, tirosina, aminos, etc., y desaminaciones con desprendimiento de NH_3 (amoníaco).

Al formarse escatol, fenol, indol, paracresol y otros compuestos aparecen los olores desagradables, lo mismo que ocurre con la descomposición de ciertas proteínas: cisteína, que pasa a SH_2 (ácido sulfhídrico) y mercaptanos (grupo tiol o grupo sulfhídrico)

con un átomo de azufre y un átomo de hidrogeno) (Calvo, 1995).

Las deyecciones sólidas están compuestas por: agua, celulosa, lípidos, prótidos y materia orgánica en general, y desde el punto de vista de riego se corresponden a un 30% de nitrógeno, 3% de ácido fosfórico y 6% de óxido de potasio.

Los vertidos líquidos, orina de origen humano, tiene una composición media de cationes Na (sodio) 6 gr/L; K (potasio) 2,7 gr/L; NH₄ (amonio) 0,8 gr/L; Ca (calcio) 5,3 gr/L y Mg (magnesio) 0,15 gr/L y de aniones Cl (cloro) 8,6 gr/L; SO₄ (sulfato) 2,2 gr/L y PO₄ (fosfato) 3,8 gr/L (Calvo, 1995).

Durante 24 horas, una persona elimina 1,3 L de orina aproximadamente, equivalente a 28 Kg anual de materia orgánica, en forma de elementos, considerándose los mismos importantes en la agricultura, tabla 5:

Excreta / Composición	Dióxido de difosforo P₂O₂	Oxido de potasio K₂O	Nitrógeno N
Vertidos líquidos (Orina)	0,7 Kg/año	0,7 Kg/año	4,7 Kg/año
Deyecciones sólidas	0,2 Kg/año	0,1 Kg/año	0,4 Kg/año

Tabla 5- Composición de la excreta (Calvo, 1995).

Los sistemas hidráulicos de los inodoros discurren por las instalaciones de nuestros hogares y de allí a las alcantarillas y la red urbana de evacuación.

Como ya se describió, este tipo de vertido es el más importante por sus características de composición y concentración, haciendo que sean puntos principales a tener en cuenta en el diseño y concentración de sistemas de depuración de las aguas residuales urbanas.

Composición química de las aguas residuales en cuanto a sólidos, gases y líquidos.

- sólidos: se dividen en orgánicos e inorgánicos.
 - ✓ orgánicos se originan en los restos de vegetales o animales presentes en aguas residuales y a veces se encuentran compuestos orgánicos como glúcidos, lípidos, proteínas y sus derivados, que son los

biodegradables.

- ✓ inorgánicos, originados en sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas no biodegradables y algunos compuestos como sulfatos, carbonatos, etc., pueden sufrir algunas transformaciones del tipo de óxido-reducción.

Los sólidos según como se presentan se presentan como: sedimentables, en suspensión, en diluciones coloidales y disueltos (Mihelcic y col., 2014).

Los sedimentables, partículas más gruesas que se depositan por gravedad en los fondos de los receptores, su análisis se realiza por volumetría y gravimetría. En general, tienen una composición de 70% de orgánicos y 30% de inorgánicos. En suspensión son las partículas flotantes, como residuos de vegetales, animales y aquellos que perceptibles a simple vista pudiendo separarse del líquido por medios físicos, como ser arcillas, arenas, y otros. Composición general: 68% orgánicos; 32% inorgánicos.

Las disoluciones coloidales, partículas de tamaño intermedio pueden comprender hasta 40% de sólidos totales y se calcula que están constituidos por 75% de componentes orgánicos y 25% de componentes inorgánicos. Al ser fácilmente degradables, tienen gran capacidad de absorción, situación contemplable en plantas de tratamientos de aguas residuales. La proporción de los sólidos disueltos es: 40% de productos orgánicos y 60% de sólidos inorgánicos.

Los gases en distintas concentraciones del agua residual son: oxígeno disuelto, (que se va consumiendo por la actividad química y biológica), cuyo valor indica el estado del agua residual (Calvo, 1995).

Se puede encontrar líquidos volátiles: nafta y alcoholes en las aguas residuales, dependiendo de la industria próxima a la planta de tratamiento.

Es sabido que las aguas residuales urbanas, desde su composición biológica, contienen organismos vivos que mantienen la actividad biológica produciendo fermentaciones, descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica (Calvo, 1995).

Las bacterias se multiplican por división celular y su velocidad de reproducción puede ser detenida: por naturaleza de la bacteria, temperatura, el medio, disminución de alimentos, oxígeno disuelto, acumulación de productos tóxicos, variación del pH y

competencia vital.

A pesar de las condiciones mencionadas en el párrafo anterior, las bacterias viven y se multiplican a distintas temperaturas y estados de nutrición (bacterias parasitas, saprófitas). Las parasitas tienen como huésped al hombre y animales, patógenas y en el tratamiento de las aguas residuales deben tenerse en cuenta. Las saprófitas se nutren de los sólidos orgánicos y propician la descomposición, fundamental en los procesos de depuración (Calvo, 1995).

De acuerdo al medio se tiene las bacterias autótrofas; aerobias, anaerobias y facultativas. Las aerobias necesitan el oxígeno libre molecular presente en el agua para su alimento y respiración. El proceso de descomposición y degradación que producen se denomina aerobio y se caracteriza por la falta de olor.

Las anaerobias consumen oxígeno procedente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite continuar vivas. Los procesos que desarrollan se llaman anaerobios y se caracteriza por los malos olores.

Cuando las bacterias aerobias y las anaerobias se adaptan a medios opuestos, es decir, aerobias a medio sin oxígeno disuelto y anaerobio a aguas con oxígeno disuelto, se las llama bacterias facultativas.

Las bacterias autótrofas pueden sustentar su protoplasma a partir de sustancias minerales como anhídrido carbónico, sulfatos, fosfatos, carbonatos, tomando la energía necesaria para su biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas) o partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimiosintéticas) (Calvo, 1995).

Los virus se encuentran en gran variedad en el agua residual siendo el adenovirus, enterovirus, hepatitis A, reo virus y rotavirus los más comunes por su enorme peligrosidad desde el punto de vista sanitario y provienen de las excretas intestinales del hombre y los animales. El riesgo sanitario se reduce al mínimo si se tratan las aguas y su uso se restringe a aplicaciones adecuadas. Hay que tener en cuenta que los virus necesitan de un elemento vivo para desarrollar su ciclo vital y si el agua se aplica de forma apropiada esa fase queda marginada y por lo tanto permite minimizar el riesgo sanitario (Calvo, 1995).

Las propiedades físicas del agua residual son tomadas en su mayor parte por el contenido de sólidos totales en sus diferentes variantes y en el riego pueden plantear

inconveniente a nivel de ocluir poros del suelo y de llegar a establecer costras impermeables sobre la superficie del suelo (Calvo, 1995).

Las propiedades químicas del agua centran su importancia en la interacción con las del suelo variando el valor de los parámetros. Estas propiedades son proporcionadas por componentes agrupados de acuerdo a su naturaleza: materia orgánica, compuestos inorgánicos y componentes gaseosos, que se subclasifican en sólidos en suspensión y compuestos en disolución.

La materia orgánica ya sea en suspensión como en disolución tiene una composición química más o menos homogénea, predominando proteínas, hidratos de carbono, aceites y grasas, y fenoles entre otros.

Si se tiene en cuenta su distribución con respecto a las características organolépticas del agua y propiedades físicas como densidad y turbidez o químicas como potencial de hidrogeno, no hay correlación entre concentración y su efecto; encontrando que a bajas concentraciones de un compuesto orgánico pueden manifestarse toxicidades en un suelo si se aplica en riego (Calvo, 1995).

El nitrógeno (N) orgánico puede aparecer como amonio (NH_4^+), nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) y el fósforo (P) se convierte rápidamente a fosfato (PO_4^-).

La materia orgánica de las aguas residuales es un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que participa en los ciclos biogeoquímicos de distintos nutrientes, siendo muy importante para la vida ecosistémica. (Calvo, 1995).

El componente biológico, organismos vivos vegetales o animales son importantes en: descomposición de compuestos orgánicos del agua residual; eliminación de compuestos orgánicos tóxicos para cultivo y suelo; desaparición de microorganismos patógenos; participación de los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) elementos fundamentales cuando se presentan como nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^-), o sulfatos (SO_4^-); movimiento y asimilación por el suelo y los cultivos; reacciones de la materia orgánica transformada y del componente micro orgánico frente a los minerales del suelo, participando en la promoción de micro agregados organominerales, variando la solubilidad a lo largo de diferentes horizontales del perfil del suelo (Calvo, 1995).

En resumen las aguas para uso agrario deben tener ciertas exigencias en lo que se

refiere a problemas básicos de salinidad, permeabilidad del suelo, toxicidad de los elementos añadidos, la cantidad y el volumen de riego, el cultivo, el potencial de hidrogeno del agua y suelo, el catión predominante en el suelo, la climatología de la zona y la contaminación del punto de vista sanitario y ambiental (Calvo, 1995).

4.1.2.2 AGUA DE RIO

Considerándose en la provincia de Tucumán, de acuerdo a lo indicado por el PROSAP², que la determinación de la calidad del agua es un requisito indispensable entre otros para el riego. Indica que la calidad del agua establece un conjunto de condiciones que se expresan como los niveles aceptables que se deben cumplir para asegurar la debida protección del recurso hídrico y la salud de la población circundante.

Y la estimación de la calidad viene dada por los índices que se generan por ciertos elementos básicos como ser oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrogeno (pH), demanda bioquímica oxígeno (DBO), cambio de temperatura, nitratos (NO₃⁻), sólidos totales (ST) entre otros, en función de los usos del agua, es decir, permite establecer la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que podría llegar a tener, por lo que son denominados índices de usos específicos.

4.1.2.3 COMPOSICION Y PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Las relaciones que van a posibilitar la estimación de calidad son los parámetros físicos, químicos y biológicos en una situación real. Los valores obtenidos de los parámetros facilitaran la conclusión de las distintitas clasificaciones de calidad del agua de acuerdo al uso que se destinara, en el presente trabajo es para riego.

Los parámetros que se analizan para determinar la calidad del agua son los siguientes:

² Programa de Servicios Agrícolas Provinciales, Provincia de Tucumán: Programa de Riego y Transformación Productiva. Manual de Calidad de Agua.2006.

- Físicos:
 - Sólidos totales fijos y volátiles (STD).
 - Temperatura (T°).
 - Conductividad eléctrica (Ce).

- Químicos:
 - Salinidad (SAR).
 - Sulfato (SO₄⁻).
 - Fosfato (PO₄⁻).
 - Hierro (Fe).
 - Nitrito (NO₂⁻).
 - Fluoruro (F).
 - Amonio3 (NH₄⁺).
 - Cloro libre (Cl).
 - Cloro total.
 - Potencial de hidrogeno (pH).
 - Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO₅).
 - Demanda química de oxígeno (DQO).

- Biológico:
 - Huevos de Helminthos se trabaja sobre las Directrices de las Normas de Engelberg para riego irrestricto de cultivo (CEPIS/OPS - Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en Agricultura y Acuicultura, 1998).

Los niveles de calidad del agua serán los establecidos en el Anexo I de la Resolución Nro. 030 de la Secretaria de Estado de Medio Ambiente (SEMA) de la provincia de Tucumán.

4.2 SUELO

La aplicación de aguas residuales urbanas en suelos para uso agrario tiene tres beneficios, siendo el primero el aprovechamiento de la materia orgánica presente en las aguas residuales. El segundo el desarrollar sistemas de tratamiento y depuración de las aguas usadas de bajo costo y de relativa sencillez en su aplicación y el tercer beneficio es buscar el aprovechamiento de un agua, independientemente de su calidad, que de otro modo, y a pesar de que contiene cierta energía acumulada (materia orgánica) en forma de energía potencial al haber sido elevada para usos urbanos, sería vertida - y no reutilizada- directamente a cursos de agua, o tratada en estaciones depuradoras convencionales perdiéndose así una etapa de posible uso de riego de zonas agrícolas o forestales (Calvo, 1995).

Para la aplicación de aguas residuales urbanas a suelos agrarios, se debe tener en cuenta el cultivo, el tipo de suelo, los factores climáticos, la calidad del líquido disponible, el tipo de tratamiento previo y la forma de riego. Esto permitirá conocer la evolución de las características físico-ecológicas del medio en que se vierten las aguas y aproximarse de este modo a una previsión sobre la posible problemática futura a mediano y largo plazo.

En cuanto al tipo de suelo, se relaciona en forma directa con el tamaño de las partículas de arcilla, de limo y de arena. El cultivo bajo estudio, necesita de un suelo de fácil drenaje para evitar el encharcamiento al momento del riego.

El suelo de fácil drenaje se consigue con cualquiera de las siguientes mezclas típicas (Yong, 2004):

- Tierra franca 6 partes; materia orgánica 1 parte; arena dulce de río 1 parte y carbón vegetal 1 parte.
- Tierra franca 1 parte; materia orgánica 1 parte; arena dulce de río 1 parte.

El vertido de aguas residuales sobre el suelo le provoca alteraciones que pueden ser beneficiosas, como la mejora de la fertilidad por los nutrientes y puede llegar a producir un aumento en la salinidad del suelo.

Para el control de la salinidad se debe tener en cuenta el siguiente conjunto de datos:

- capacidad de redistribución que manifiestan los vegetales, ya que extraen sales de los horizontes profundos para depositarlas en el horizonte superficial.
- pluviosidad; el grado de permeabilidad del suelo y la parte retenida por el vegetal productivo.

Estos datos permiten obtener el grado de empobrecimiento anual que sufre el suelo tras la recogida de la cosecha, indicando el contenido en elementos que deben estar presentes en las aguas de riego.

Se toma como orientación general sobre el uso agrario de aguas residuales, que el agua tenga menos de 500 mg/L de sólidos disueltos (SD) y cuya conductividad eléctrica (Ce) sea también menor a 0,75 mhos/cm a una temperatura de 25°C.

La temperatura inhibe o acelera las reacciones bioquímicas. Las variaciones de temperatura dependen de la conductividad térmica y de la capacidad de admisión y retención de calor por el suelo.

Por lo que, al inicio del ensayo, el suelo de cada maceta no ha presentado diferencias considerables de temperatura en los 5 cm y 10 cm de profundidad.

El mencionado suelo se ha mantenido durante el ensayo en soportes de plásticos adquiridos en vivero. Y fue etiquetado en sus correspondientes macetas M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M11 y M12.

También es necesario tener presente la cantidad de agua por volumen de tierra que contiene cada maceta, es decir, el % de agua que consumirá el cultivo.

Se ha determinado que el sistema de riego es manual, luego de haber estudiado otras alternativas como ser por goteo y aspersion.

4.3 CULTIVO

Se estima que el cultivo de rosas proviene de la jardinería de la antigua China imperial. Se la relaciona con la diosa del amor y la belleza en la mitología hindú, en la Grecia clásica, en Egipto, entre otros. Y fue introducida por el sur de Italia hacia Europa por los griegos.

Es un cultivo que se adapta perfectamente a zonas templadas. Hay aproximadamente doscientas cincuenta especies diferentes. Las variedades comerciales de rosa son híbridos de especies desaparecidas. Las flores de cortes son las llamadas variedades Híbrida Té luego le sigue Floribunda y las que se producen de los entrecruzamientos entre ellas, Grandifloras. Las híbridas presentan tallos largos y flores dispuestas individualmente o con capullos laterales, de tamaño mediano o grande y numerosos pétalos que forman un cono central visible. Las floribunda presentan flores en racimos (Historia de la Rosa, 2019).

Los colores pueden ser rojos, blancos, rosas, amarillos, anaranjados entre otros. El cultivo tiene tallos espinosos y verticales y de acuerdo a la zona de cultivo el largo del mismo es entre 50 y 60 cm, con follaje verde brillante, y es importante que las flores tengan una apertura lenta lo cual permite una mejor conservación en florero.

En cuanto al requerimiento climático la temperatura óptima de crecimiento debe estar entre los 17°-25°C con una mínima de 15°C en la noche y una máxima en el día de 28°C. Soporta mínimas variaciones a las temperaturas mencionadas por periodos cortos de tiempo, caso contrario se produce retaso en el crecimiento y la floración.

En los días de verano se tiene mayor intensidad lumínica lo que favorece la producción de flores.

En relación a los nutrientes en las hojas se toman como referencia los correspondientes a la primera hoja madura debajo de la flor (Hasek, 1988), tabla 6.

Macro elementos	Niveles deseables (%)
Nitrógeno	3,00-4,00
Fósforo	0,20-0,30
Potasio	1,80-3,00
Calcio	1,00-1,50
Magnesio	0,25-0,35
Micro elementos	Niveles deseables (ppm)
Zinc	15-50
Manganeso	30-250
Hierro	50-150
Cobre	5-15
Boro	30-60

Tabla 6- Nutrientes en hoja del cultivo (Hasek, 1988).

4.3.1 TIPO DE FLORES ORNAMENTALES UTILIZADOS EN EL ENSAYO

Los tipos y variedad de cultivo de rosal con los que se trabajó, son:

Tipos:

1. **Floribundas** que es un arbusto erguido, florecen en ramilletes con varias flores por tallo, figura 3:

✓ **Variedad:**

- *Farandole* (Catálogo de Rosas, 2016) (Arroyo y col. 2015).
- *Jubilé Du Prince De Monaco* (Monaco Nature Encyclopedia, 2007), anexo 2.
- *Tocade* (Catálogo de Rosas, 2016), anexo 3.
- *Anna* (Arroyo y col. 2015), anexo 2.



Figura 3- Tipo de Rosas Floribundas. Extraída de

<https://www.monaconatureencyclopedia.com/rosa-jubile-du-prince-de-monaco/?lang=es>

2. **Híbridas de Té** arbusto de hábito erguido, refloreciente. Los tallos son largos, con una flor por tallo o dos pimpollos laterales. Las flores típicas son de tamaño grande o mediano de varios pétalos que forman un cono central visible, de hermosa forma, por eso son las preferidas para corte, figura 4:

✓ **Variedad:**

- *Pascali* (Arroyo et al, 2015), anexo 2.



Figura 4- Tipos de Rosas Híbridas de Té. Extraída de:
<https://www.asociaciondejardicultura.org/articulos/vocalias/rosales>

3. **Grandifloras**, descendientes del cruzamiento entre Híbridas de Té y Floribundas, es una denominación moderna aparecida en EEUU para identificar rosales de flores grandes, de 15 cm o más, tanto unifloras como plurifloras, cuya flor, una vez abierta, tiene forma de cáliz (Asociación de Jardicultura, 2011), figura 5:

✓ **Variedad:**

- *Montezuma* (Arroyo y col., 2015), anexo 2.



Figura 5 - Grandiflora. Extraída de:
<https://www.asociaciondejardicultura.org/articulos/vocalias/rosales>

La variedad *Farandole* fue creada por Meilland International (Francia, 1999), sociedades de cartera de horticultura en el mundo (HelpMeFind, 2019).

La variedad *Jubileo Du Prince de Monaco* es una rosa obtenida en el año 2000 por la cultivadora francesa Michèle Meilland-Richardier, para celebrar los 50 años del reinado del Príncipe Rainiero III de Mónaco y recuerda los colores de la bandera del principado. Se produce por el entrecruzamiento de una plántula llamada Jacqueline Nebout (Meilland 1965) y Matangi. Las distinciones que obtuvo en el año 2000 son la Medalla de oro en Buenos Aires y en Madrid; en el año 2002 Certificado de mérito en Orléans; en 2003 Selección de rosas All-America y en el 2006 Rose en Rose Hill en Estados Unidos (Jubileo del Príncipe de Mónaco, 2018).

La variedad *Tocade* creada por Meilland International (Francia, 1999). Siendo una de las más importantes sociedades de cartera de horticultura en el mundo (HelpMeFind, 2019). También se conoce como rosales de grandes flores (Rosales floribunda ‘Tocade’ – JB-R2-09).

La variedad *Anna* es un género de plantas perteneciente a la familia Gesneriaceae. Es originario de China y Vietnam. El género fue descrito por François Pellegrin y publicado en Bulletin de la Société Botanique de France 77: 46. 1930. Se desconoce si François Pellegrin quería referirse a la apariencia agradable de la planta o si quería conmemorar el nombre femenino de Anna (Anna Planta, 2017).

La variedad *Pascali*, es fruto del cruce de Queen Elizabeth y White Butterfly. Su creador es el rosalista belga Louis Lens. El nombre de este arbusto con flor, es en honor al pintor italiano Pino Pascali, que pintaba paisajes que recuerdan a los paraísos perdidos. Se presentó en 1963 en Bélgica, ese mismo año recibe la medalla de oro de la Haya. En 1967 recibe la medalla de oro de Portland. En 1969, recibió el premio All-America Rose Selections. En 1991, recibió otro premio, el The World’s Favorite Rose, a la rosa favorita del mundo (Rosass.Net, 2018).

La variedad *Montezuma* procede del cruce de Fandango y Floradora. Es un cultivar de rosa que fue conseguido en Armstrong Nurseries California en 1955 por el rosalista estadounidense Herb Swim e introducida en el resto de los Estados Unidos. Los premios obtenidos son Geneva Gold Medal 1955, RNRS Gold Medal 1956 y Portland Gold Medal 1957 (Rosa Montezuma, 2017).

La cantidad de tipo de cultivo por variedad utilizada en el ensayo se muestra en la tabla 7.

Cantidad	Variedad	Color
3	Farandole	naranja
1	Jubilé Du Prince De Monaco	matizada
1	Tocade	tricolor
2	Pascali	blanco
1	Montezuma	salmón
3	Sin variedad especificada	sin color especificado
1	Anna	matizada

Tabla 7- Cantidad de plantas y variedades utilizado en el ensayo.

4.3.2 CARACTERISTICAS DEL CULTIVO

El tipo *Farandole* tiene las flores con un diámetro entre 5 - 10 cm, con una cantidad aproximada de 60 - 110 pétalos, alcanzando el cultivo una altura entre 70 - 80 cm. Soporta el pleno sol, necesita suelos fértiles y resiste las temperaturas muy bajas. El riego debe ser abundante pero espaciado en el tiempo. (HelpMeFind, 2019).

El tipo *Jubileo del Príncipe de Mónaco* es una rosa notable por sus grandes flores dobles y de dos tonos: color blanco crema bordeado con rojo rubí. El diámetro de las flores es entre los 9 cm y 10 cm y la cantidad de pétalos es entre 35 y 40. Es un arbusto verde oscuro extremadamente saludable se eleva de 70 cm a 80 cm (Jubileo del Príncipe de Mónaco, 2018).

El tipo *Tocade* no soporta bien el frío ya que son sensibles al mismo y en invierno requiere protección. Son muy florecientes, de porte relativamente bajo, unos 50 cm de altura, pero hay tipos que pueden alcanzar el metro de altura. Prefiere las tierras permeables (Rosales floribunda ‘Tocade’ – JB-R2-09).

El tipo *Anna* tiene hojas de color verde. Tiene buena resistencia al frío. El riego debe ser abundante pero espaciado en el tiempo (Anna Planta, 2017).

El tipo *Pascali*, es frondoso y de hojas color verde oscuro brillante con pocas espinas. Resiste las temperaturas muy bajas y la plaga de hongos. Se estima que la flor tiene alrededor de 30 pétalos por flor y al abrirse un diámetro de 10 cm. Soporta el pleno sol y necesita suelos fértiles. El riego debe ser abundante pero espaciado en el tiempo (Rosass.Net, 2018).

El tipo *Montezuma* tiene hojas de color verde oscuro brillante, con 26 – 40 pétalos por flor, y cuyo diámetro aproximado es de 9 cm. Soporta el pleno sol y no las heladas y necesita suelos fértiles, riego frecuente y de corta duración (Rosa Montezuma, 2017).

5. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

5.1 AGUA CALIDAD A

El agua de calidad A (agua residual cloacal) fue extraída a la salida de la planta de tratamiento del Barrio los Señaleros de la localidad San Ramón de San Miguel de Tucumán, que se localiza en la Av. de Circunvalación y Av. San Ramón, figura 6.

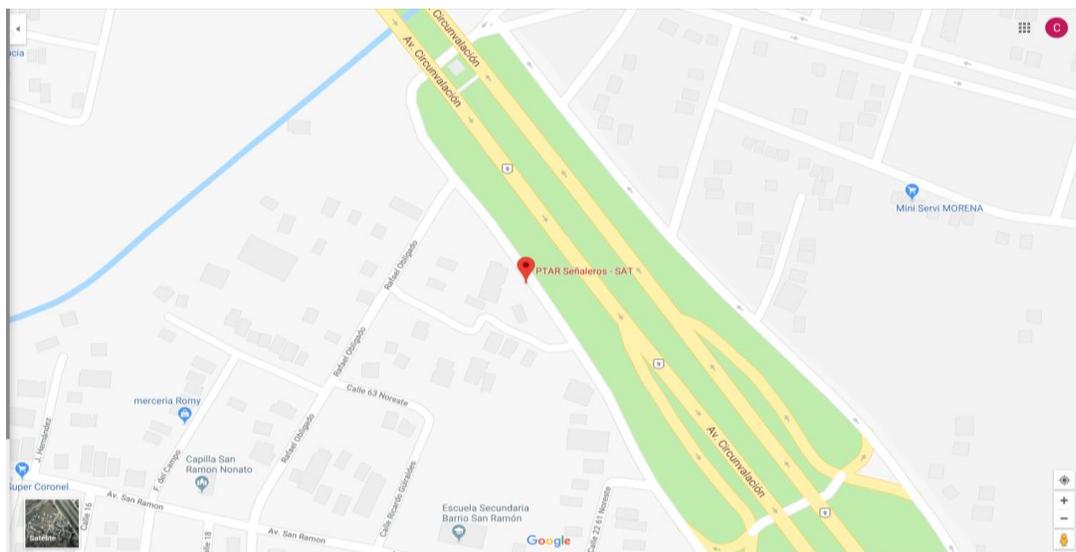


Figura 6 – Localización de la Planta de Tratamiento del Barrio Los Señaleros

La muestra, se recogió en bidones de material de plástico de 5 - 10 L, lavándolos 3 veces con la misma agua, a continuación se los lleno y se tapa herméticamente, agregando a cada uno cloro activo en concentración de 55 g Cl/L en una proporción de 10 ml/L para proteger al personal de posibles infecciones.

Luego se traslada los bidones al Laboratorio del Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (CEDIA). La muestra se tomó en la salida de la planta de tratamiento.

El transporte de las muestras fue bajo refrigeración con gel refrigerante de uso medicinal en conservadoras propias del laboratorio del CEDIA, luego al ingresar al mismo las muestras se colocaron en heladera para mantener su refrigeración, efectuando las determinaciones entre las 24 y 48 h posteriores a la toma de las muestras.

La planta de tratamiento provee servicio de tratamiento de agua a un barrio de 1.200 habitantes con un caudal de 24 m³/h y volumen bombeado de efluente de 5.495 m³. Funciona las 24 h del día y los 365 días del año.

El sistema de tratamiento de la planta consiste en tratamiento primario y secundario y se compone de los siguientes elementos constitutivos:

- ✓ sistema de rejas electromecánicas para desbaste.
- ✓ cámara de bombeo.
- ✓ tanque sedimentador.
- ✓ cámara de purga de lodo.
- ✓ playa de secado de lodos.

El sistema de rejas electromecánicas permite la eliminación de sólidos de tamaño grande y mediano.

La cámara de bombeo separa grava, arenas, arenillas, desperdicios de alimentos como café, cascara de huevo, semillas, carozos, etc. que son relativamente inertes, en el sentido de que carecen de movilidad por sí mismos. Este proceso es exclusivamente físico donde las partículas sedimentan de forma independiente unas de otras, es decir, constituyen el pre tratamiento.

El tanque sedimentador, tratamiento primario, cuyo objetivo es la eliminación por medios físicos de los sólidos en suspensión que no fueron eliminados en el pretratamiento. Con un tiempo de retención entre 2 a 4 h consiguiéndose la eliminación entre un 60% a 65% de los sólidos, en suspensión, totales.

Al sedimentar dichos sólidos, pueden adsorber y arrastrar en su caída una cierta cantidad de materia orgánica y bacterias, por lo que se consigue una reducción de la DBO entre un 25 % a un 40 %.

Los sólidos sedimentables se recogen por la parte inferior del tanque sedimentador, lo cual constituyen los lodos de la planta.

Previo al riego en el cultivo, se diluyó el agua calidad A tres veces con agua potable para obtener resultados comparables. El volumen de agua de calidad A usado para la dilución fue de 4 L por cada riego efectuado.

Las diluciones realizadas fueron: 25 %, 50 % y 75 %.

5.2. AGUA CALIDAD B

Para el agua de calidad B que es de un tramo del Río Salí, comprendido en tres puntos de muestreos, siendo sus ubicaciones respectivamente:

B1- 26.61788LS 65.18671 LO.

B2- 26.61947 LS 65.18621 LO.

B3- 26.62043 LS 65.1857 LO. Figura 7.

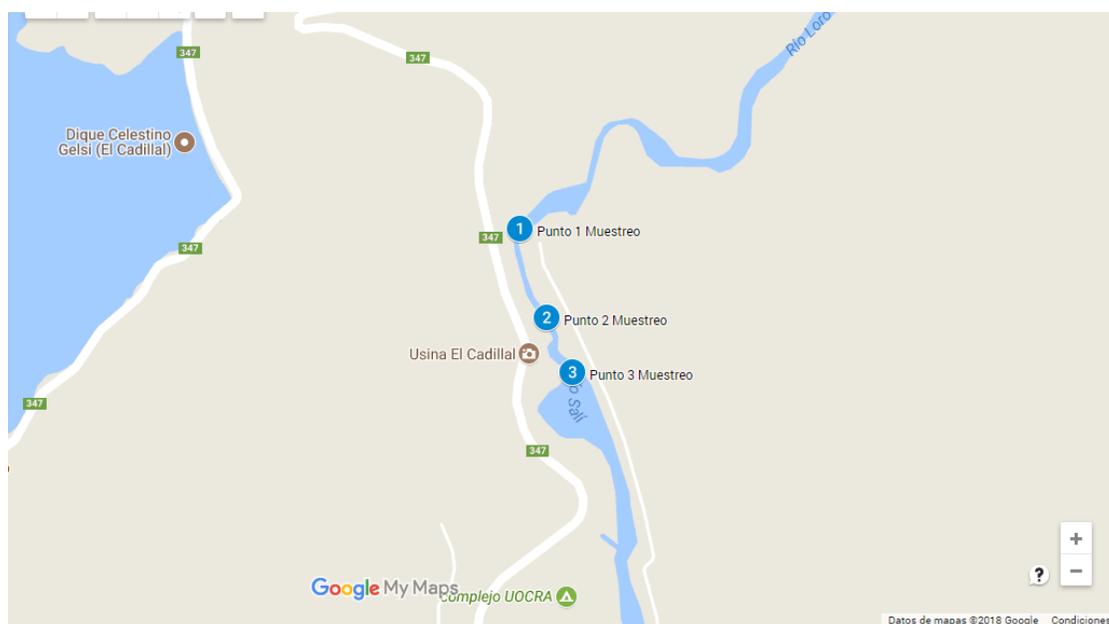


Figura 7 - Puntos de muestreos en Río salí.

Son 3 puntos de muestreos por la accesibilidad a los sitios mencionados. Las muestras de agua se recogieron en 2 botellas de plástico de 2,5 L por punto de muestreo. Previamente a la toma de muestra se lavó cada envase con agua del río 3 veces y se continuó su conservación en frío de igual forma que las muestras para el agua de calidad A.

Luego se trasladaron las botellas al laboratorio del Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (CEDIA), continuando su conservación en heladera hasta la realización de las determinaciones analíticas entre las 24 y 48 h posteriores a la toma de las muestras.

Los parámetros medidos en el agua de calidad A y calidad B se corresponden a las determinaciones que se muestran en la tabla 8.

DETERMINACIONES ANALITICAS EN AGUAS		
Físicas	Químicas	Biológicas
Sólidos Totales (ST)	Salinidad (SAR)	Huevos de Helmintos
Sólidos Fijos (SF)	Sulfato (SO_4^-)	
Sólidos Volátiles (SV)	Fosfato (PO_4^-)	
Conductividad Eléctrica (Ce)	Hierro (Fe)	
Temperatura in situ (T°)	Nitrito (NO_2^-)	
	Fluoruro (F)	
	Amonio3 (NH_4^+)	
	Cloro Libre (Cl)	
	Cloro Total	
	Potencial Hidrogeno (pH)	
	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO_5)	
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	

Tabla 8 – Determinaciones físicas, químicas y biológicas en muestras de aguas residual y río.

5.3 RIEGO

El riego se ha realizado con frasco medidor con una frecuencia de cuatro veces por semana, recibiendo cada planta 100 cm^3 por vez, durante un periodo de cinco meses.

5.4 EQUIPAMIENTOS Y MATERIALES

Para las determinaciones de los parámetros químicos: sulfato (SO_4^-), fosfato (PO_4^-), hierro (Fe), nitrito (NO_2^-), fluoruro (F), amonio3 (NH_4^+), cloro libre (Cl), cloro total, demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO_5) y demanda química de

oxígeno (DQO) del agua calidad A y calidad B se ha utilizado Fotómetro compacto F-12 de filtro mono haz, controlado por microprocesador con rutina de revisión y calibración automática, cuyo rango de longitud de onda se encuentra entre 340-860 nm.

Los reactivos utilizados para el fotómetro son visocolor ECO de la empresa Macherey - Nagel, adquiridos a un proveedor de la provincia de Tucumán. Con estos reactivos se prepararon los tubos de ensayos (5 mL) para cada una de las determinaciones y su correspondientes muestra blanco de acuerdo al método indicado para cada uno de los test, figura 8.



Figura 8- Preparacion de tubos de muestras para fotómetro.

Para determinar potencial hidrogeno (pH) en agua calidad A y calidad B se ha trabajado con equipo peachimetro marca Adwa modelo As 110 con rango de medición - 2,00 a 16,00. Las muestras se prepararon según protocolo indicado en el manual del equipo.

Para la determinación de conductividad eléctrica (Ce) y salinidad (SAR) en agua calidad A, calidad B y suelo se utilizó conductimetro marca Sper Scientific, modelo 850038 con rango de medición $\mu\text{S}/\text{cm}$: 0-19,9; 0-199,9; 0-1999. Se preparan las muestras según lo indicado por protocolo que es parte del manual del equipo.

Para los sólidos totales (ST), solidos fijos (SF) y solidos volátiles (SV) en agua calidad A y calidad B se determinó a partir de la diferencia de pesada empleando balanza marca Pionner con dos decimales, previa decantación en cono de imhoff, figura 9.



Figura 9 – Decantación para medición de sólidos.

Se utilizó termómetro de suelo, marca Luft Germany, modelo ST630.

Además se necesitó material de vidrio: cajas de Petri, tubos de ensayos con tapa rosca; cápsulas de porcelanas, agua destilada: para lavado de tubos de ensayos, preparación de blancos de muestras para fotómetro y preparación de muestras de suelo para peachimetro.

La determinación de Huevos de Helmintos como parámetro biológico se efectuó estudio parasitológico usando el Método de Enriquecimiento de Barthelemy Modificado.

La temperatura del agua a la salida de la planta de tratamiento y los 3 puntos de muestreos del Rio Salí fue in situ con termómetro de vidrio.

Se usó estufa marca San Jor cuya temperatura máxima es de 200°C, figura 10 y horno de secado.

Los mencionados equipos son propios del laboratorio del CEDIA.



Figura 10- Muestras de suelo.

5.5 SUELO

Al inicio del ensayo se ha determinado la temperatura a 5 - 10 cm, la humedad en porcentaje (%) de agua que consume el cultivo y el coeficiente de permeabilidad.

El rango de temperatura a los 5 cm por maceta fue de: M1: 1 – 1,5 °C; M2: 1 - 2 °C; M3: 0,9 – 1,6 °C; M4: 0,8 – 1, 6 °C; M5: 0,8 – 1, 3 °C; M6: 0,9 – 1, 7 °C; M7: 1 – 1, 8 °C; M8: 0,95 – 1, 4 °C; M9: 0,9 – 1, 3 °C; M10: 1 – 1, 6 °C; M11: 0,95 – 1, 3 °C; M12: 1 – 1, 2 °C.

Para los 10 cm por maceta el rango fue: M1: 1 – 1,7 °C; M2: 1 - 2 °C; M3: 0,9 – 1,6 °C; M4: 0,9 – 1, 6 °C; M5: 0,9 – 1, 5 °C; M6: 0,9 – 1, 6 °C; M7: 0,9 – 1, 8 °C; M8: 0,8 – 1, 4 °C; M9: 0,9 – 1, 3 °C; M10: 0,9 – 1, 6 °C; M11: 0,8 – 1, 3 °C; M12: 0,9 – 1, 3 °C.

La humedad por maceta en porcentajes (%): M1: 61,09 %; M2: 52,07 %; M3: 51,37 %; M4: 46,91 %; M5: 67,56 %; M6: 48,32 %; M7: 41,85 %; M8: 56,95 %; M9: 54,24 %; M10: 44,78 %; M11: 61,42 %; M12: 48,57 %.

El coeficiente de permeabilidad K para todas las macetas calculado fue de 10 cm/s.

Al inicio y final del ensayo se ha trabajado con los parámetros: potencial hidrogeno (pH) y conductividad eléctrica (Ce).

El riego realizado por maceta es el siguiente:

- riego agua de calidad A: en las macetas M1, M2, M3, M4, M5, M6
- riego agua de calidad B: en las macetas M7, M8, M9, M10, M11, M12

5.5.1 TEMPERATURA

La temperatura para suelo se la determina a 5 - 10 cm desde el borde de la maceta al inicio del ensayo. Figura 11.



Figura 11– Toma de temperatura a 5 cm de profundidad.

El termómetro tiene una longitud total de enterramiento de 12 cm, lo cual permite llegar a los 5 - 10 cm de profundidad.

Para la temperatura ambiente se tomó los valores mostrados en la aplicación (APP) Clima Tucumán a través del dispositivo celular, al inicio y durante la toma de temperatura por punto de muestreo (maceta).

Se ha introducido el termómetro en el suelo y se esperó 3 minutos para estabilizar la medición, luego se retiró y registro el valor obtenido. Se repitió igual proceso de medición a los 10 cm de profundidad.

Las mediciones se han tomado cada 2 h, durante 2 días, iniciando desde 8.00 a. m. hasta 20.00 p. m., anexo 1.

5.5.2 HUMEDAD

Para la humedad en el suelo las muestras fueron tomadas a 10 cm de profundidad, porque se trabaja con macetas con altura promedio de 26 cm, con rango de valores de dichas alturas entre 25 - 27 cm.

Luego las muestras fueron trasladadas al laboratorio.

Se procedió a pesar, aproximadamente 45 g de tierra de cada maceta, que fueron colocadas en cápsulas de porcelanas para estufa, durante 24 h a temperatura de 110 °C.

Previamente las capsulas de porcelana se pesaron vacías y a las muestras de tierra se les separó ramitas, pedacitos de madera, hojarasca, etc., como se muestra en figura 12.



Figura 12– Limpieza de la muestra y pesaje.

En la figura 13 se muestra la colocación de las muestras en la estufa correspondiente a 110 °C.



Figura 13- Colocación de muestras de suelo en estufa.

Luego de 24 h, se procedió a pesar nuevamente las muestras secadas, figura 14.



Figura 14 – Muestras secas de suelo.

5.5.3 POTENCIAL HIDROGENO

El potencial hidrogeno (pH) modifica alguno nutrientes en los cultivos, se considera que el valor óptimo en suelo se debe encontrar en el rango de 5,5 a 7,0.

Para el cultivo de rosas el valor del potencial hidrogeno (pH) debe oscilar entre 6,0 a 7,0 siendo su valor ideal entre 6,8 y 7,2 (Infoagro, 2019).

Este cultivo de cualquier variedad, requieren de sustrato suelto, rico en materia orgánica y buena capacidad de aireación y drenaje, ya que sus raíces son muy sensibles al encharcamiento. No toleran elevados niveles de calcio, de hecho, si este elemento se encuentra en exceso, se evidencia rápidamente clorosis.

Para determinar potencial hidrogeno (pH) del suelo, se ha tomado una muestra compuesta con parte de tierra de las 12 macetas.

Considerando que el suelo es neutro para el valor de 7,0. Para mayor de 7,0 es alcalino y para menor que 7,0 es ácido.

Se procedió a diluir 1 porción de tierra en 2 de agua destilada al inicio y final del ensayo, figura 15.



Figura 15– Muestra pH de suelo.

5.5.4 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

El contenido de sales de un suelo determina su calidad y fertilidad, ya que las sales reducen la disponibilidad de agua para el cultivo. El exceso de sales reduce el poder de infiltración del suelo, degrada su estructura, y condiciona enormemente su capacidad de mantener la cubierta vegetal (Calvo, 1995).

La concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo se mide a través de la conductividad eléctrica (Ce). En la misma muestra que se preparó para medir potencial hidrogeno (pH) se obtuvo el valor de conductividad eléctrica (Ce).

Para el cultivo de rosas se necesita que se encuentre entre 2,5 y 3,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La clasificación de los suelos teniendo en cuenta la relación entre Ce y pH (Havlin, 2013) se muestra en la tabla 9.

Grupo de Suelo	Ce del Suelo	pH del Suelo
Salino	>4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	< 8,5
Sódico	<4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	> 8,5
Salino-Sódico	>4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<8,5

Tabla 9 – Clasificación de suelos afectados por sales.

5.5.5 PERMEABILIDAD

La permeabilidad del suelo es la propiedad que tiene de dejar pasar el agua a través de él. Esto implica una posibilidad de recorrido, y exige la existencia de vacíos o huecos continuos. Todos los suelos son permeables en mayor o menor grado. El coeficiente de permeabilidad K, no solo depende de ciertas propiedades del material poroso, sino también de las del líquido que circula por el mismo principalmente densidad, y viscosidad (González Caballero, 2001)

El coeficiente de permeabilidad K obtenido en la muestra conjunta de suelo es de 10 cm/s para todas las macetas.

5.5.6 NITROGENO

El nitrógeno que se aporta al suelo con el agua de calidad A y calidad B, es sometido a un proceso natural que lo convierte en un producto asimilable por el cultivo, donde los compuestos orgánicos nitrogenados se convierten a forma inorgánica como los amonios.

Este proceso se lleva a cabo por la actividad de ciertos hongos, bacterias y actinomicetos³. Las condiciones ambientales optimas son que el pH se encuentre 5,0 - 10,2, la temperatura entre 34°C - 42°C para completar el proceso de nitrificación.

³ Organismos unicelulares, son aerobios. Se reproducen por fermentación o formación de esporas asexuales.

5.5.7 FOSFORO

El fósforo es también aportado al suelo a través de las aguas de calidad A y B durante el riego. Para un suelo ácido, se forman compuestos insolubles con el hierro, mientras que la insolubilidad del fósforo se modifica cuando se reduce el hierro y se presenta más fosfato.

5.5.8 CULTIVO

La disposición de las muestras del cultivo al inicio del ensayo se representa en la figura 16.

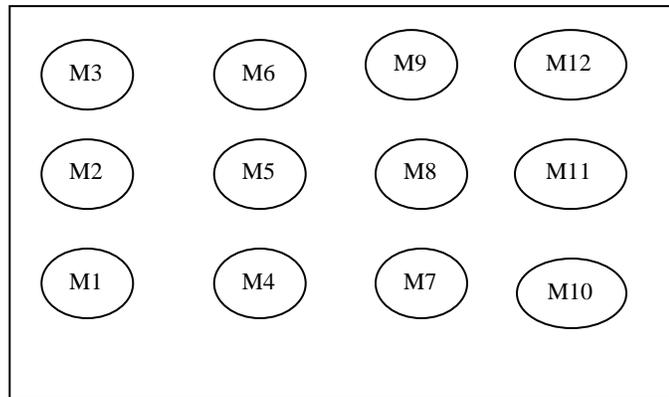


Figura 16- Disposición del cultivo.

Y en figura 17 se muestran los cultivos en su disposición para el inicio del ensayo.



Figura 17– Disposición de las muestras del cultivo al inicio del ensayo.

La disposición inicial fue modificada debido a que las muestras nro. 4, 7 y 10 han demostrado un bajo % de humedad.

Se evaluaron doce cultivos conformado en 2 grupos de forma aleatoria de 6 macetas cada uno. Las macetas se denominaron con los números del 1 al 12.

- primer grupo compuesto de la muestras del 1 al 6 fueron regados con agua de calidad A (planta de tratamiento)
- segundo grupo con las muestras del 7 al 12 se regaron con agua de calidad B (agua del Río Salí).

La mencionada conformación de muestras por variedad de cultivo y color se muestra en la tabla 10.

Muestra	Variedad de cultivo	Color
M1	Pascali	blanco
M2	Farandole	naranja
M3	Sin tipo	sin color
M4	Tocade	tricolor
M5	Farandole	naranja
M6	Farandole	naranja
M7	Sin tipo	sin color
M8	Pascali	blanco
M9	Montezuma	salmón
M10	Anner	matizada
M11	Jubilé Du Prince De Monaco	matizada
M12	Sin tipo	sin color

Tabla 10- Muestra, variedad y color de cultivo.

Se han tenido 3 cultivos sin etiquetas de identificación del vivero en cuanto a variedad y color y fueron identificados como muestra nro. 3, 7 y 12.

Se registró los datos para control de parámetros al recibir los cultivos del vivero, considerándose que se corresponde al día 1 del ensayo. Los mencionados parámetros han sido:

- variedad del cultivo, que fueron obtenidos de las etiquetas adosadas a cada planta, figura 18.
- color del cultivo al igual que la variedad es obtenido de las etiquetas correspondientes, figura 19.



Figura 18 – Cultivo con etiqueta del vivero y de muestra.

- altura del cultivo: fue medido en cm desde la base de la superficie de la maceta hasta el final del tallo principal, figura 19.



Figura 19 – Medición de la altura del tallo.

- El diámetro del tallo principal fue medido en cm.
- La cantidad de hojas fueron contadas en base a un conjunto de cinco (5) hojas por brotes.

El tamaño de hoja se obtuvo mediante la longitud en cm de la lámina de la hoja, figura 20, identificando la más grande, luego la de tamaño mediano y al final la más pequeña.



Figura 20– Partes de la Hoja. Extraída de:
http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema2/2_2dicot.htm

En cuanto al color de hojas se observaron los colores naturales que presentan los respectivos cultivos, establecido los siguientes: verde, rojo y verde rojizo.

Inicio del ensayo: los cultivos presentaron los siguientes colores por muestras, tabla 11:

Nro. de Muestras	Color
M1	verde-rojizo
M2	verde
M3	verde-rojizo
M4	rojo
M5	verde rojizo
M6	verde-rojizo
M7	rojo
M8	verde
M9	verde-rojizo
M10	rojo
M11	verde-rojizo
M12	verde-rojizo

Tabla 11- Colores de hojas en cultivo.

6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

6.1 AGUA CALIDAD A

Los valores promedios obtenidos en las determinaciones de los parámetros del agua calidad A (residual) son los mostrados en la tabla 12:

Parámetros	Unidades	Valores obtenidos	Valores de referencia (**)	Valores de referencia (***)
Potencial Hidrógeno (pH)		7,8 / 7,3 en dilución (*)	6,500-9	>6 y <=9,5
Temperatura (T°)	°C	18	-	<=45
Conductividad eléctrica (Ce)	µS/cm	1100	700->3000	<=1000 (<=300)
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO ₅)	mg/L	150	15->15	<=50 - <=200
Sólidos totales (TDS)	ppm	0,271	15->120	<=0,1 10` <=1,0 2`
Sólidos fijos (SF)	mg/L	0,185	-	-
Sólidos volátiles (SV)	mg/L	0,086	-	-
Sulfato (SO ₄ ⁻)	mg/L	209,250	200->400	<=400- <=1000
Alcalinidad	mg/L	356,500	-	-
Fosfato (PO ₄ ⁻)	mg/L	4	-	<=1-<=10
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L	28	5->30	<=25-<=75
Cloro libre (Cl)	mg/L	0,220	1->5	<=0,5 y <= 0,5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	110	120->300	<=250 y <= 500
Hierro (F _e)	mg/L	<0,04	5 - >20	<=2 y <= 0,1
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	<0,10	1->15	<= 1,5
Huevo de Helmintos	L	2	< 1	-

Tabla 12– Valores de las determinaciones del agua calidad A.

(*) Valor promedio de las 3 diluciones

(**) Parámetros de calidad de agua para riego de cultivos. Estructplan.

(***) Parámetros de niveles de calidad de los Efluentes Industriales y Cloacales. Resolución 030/2009, se toma en consideración la cantidad de decimales que indica la normativa.

Los parámetros analizados de calidad de agua para riego de cultivos, fueron los mostrados en tabla 13:

Parámetros	Unidades	Valores obtenidos	Valores de referencia	Análisis de Resultados
Potencial Hidrógeno (pH)		7,8 / 7,3 en dilución	6,500-9	Calidad moderada. Cultivo tolerante. Suelo neutro o alcalino. Riego discontinuo.
Temperatura (T°)	°C	18	-	-
Conductividad eléctrica (Ce)	µS/cm	1100	700->3000	Calidad moderada. Cultivo tolerante. Suelo neutro o alcalino. Riego discontinuo.
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO ₅)	mg/L	150	15->15	Calidad mala. Plantas muy tolerantes. Suelos bien drenados. Riego discontinuo.
Solidos totales (TDS)	ppm	0,271	15->120	Calidad buena. Cualquier suelo. Todo tipo de cultivo. Riego continuo.
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	209,250	200->400	Calidad mala. Plantas muy tolerantes. Suelos bien drenados. Riego discontinuo
Alcalinidad	mg/L	356,500	-	Calidad buena. Cualquier suelo. Todo tipo de cultivo. Riego continuo.
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L	28	5->30	Calidad buena. Cualquier suelo. Todo tipo de cultivo. Riego continuo.
Cloro libre (Cl)	mg/L	0,220	1->5	Calidad buena. Cualquier suelo. Todo tipo de cultivo. Riego continuo.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	110	120->300	Calidad buena. Cualquier suelo. Todo tipo de cultivo. Riego continuo.
Hierro (F ⁺)	mg/L	<0,04	5 - >20	Calidad buena. Cualquier suelo. Todo tipo de cultivo. Riego continuo.
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	<0,10	1->15	Calidad buena. Cualquier suelo. Todo tipo de cultivo. Riego continuo.
Huevo de Helmitos	L	2	< 1	No apta para riego

Tabla 13 – Análisis de los resultados de los parámetros calidad de agua para riego.

Los parámetros analizados al comparar sus valores con los de la Resolución 030/2009 de la Secretaria de Estado de Medio Ambiente de la provincia de Tucumán, Niveles de Calidad de los Efluentes Industriales y Cloacales, se muestran en la tabla 14:

Parámetros	Unidades	Valores obtenidos	Resolución SEMA 030/2009	Cuerpo Agua	Cuerpo Suelo
Potencial Hidrógeno (pH)		7,8 / 7,3 en dilución (*)	>6 y <=9,5	Dentro de los valores de referencia	Dentro de los valores de referencia
Temperatura (T°)	°C	18	<=45	Dentro de los valores de referencia	Dentro de los valores de referencia
Conductividad eléctrica (Ce)	µS/cm	1100	<=1000 (<=300)	Superior al valor de referencia	Sin valor de referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO ₅)	mg/L	150	<=50 - <=200	3 veces superior al valor referencia	Por debajo del valor referencia
Solidos totales (TDS)	ppm	0,271	<=0,1 10` <=1,0 2`	Dentro de los valores de referencia	Dentro de los valores de referencia
Sulfato (SO ₄ ⁻)	mg/L	209,250	<=400- <=1000	Dentro de los valores de referencia	Dentro de los valores de referencia
Fosfato (PO ₄ ⁻)	mg/L	4	<=1-<=10	Por encima del valor de referencia	Por debajo del valor de referencia
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L	28	<=25-<=75	Por encima del valor de referencia	Por debajo del valor de referencia
Cloro libre (Cl)	mg/L	0,220	<=0,5 y <= 0,5	Por debajo del valor referencia	Por debajo del valor referencia
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	110	<=250 y <= 500	Por debajo del valor de referencia	Por debajo del valor de referencia
Hierro (F _e)	mg/L	<0,04	<=2 y <= 0,1	Por debajo del valor referencia	Por debajo del valor referencia
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	<0,10	<= 1,5	Por debajo del valor referencia	Por debajo del valor referencia

Tabla 14 - Análisis de los resultados de parámetros, Resolución 030/2009 SEMA. .

Con respecto a la composición típica (Calvo, 2001) del agua residual se tiene lo siguiente, tabla 15:

Parámetro	Concentración (mg/L)	Valor Obtenido	Análisis de Resultados
Sólidos totales (STD)	350-1200	0,27	Por debajo del valor mínimo
Sólidos en suspensión (SS)	100-350	0,185	Por debajo del valor mínimo
Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO ₅)	100-300	150	En el punto medio
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	250-1000	110	Muy por debajo del valor mínimo
Nitrógeno total (N total)	20-85	28	En el punto medio
Amoniaco (NH ₄ ⁺)	12-50	-	-
Fósforo (P)	6-20	4	Muy por debajo del valor mínimo

Tabla 15 – Comparación de valores obtenido con respecto a composición típica.

En relación a la riqueza de nutrientes, fosfato (PO₄⁻) cuyo valor obtenido fue de 4 mg/L, siendo menor a los 7 mg/L indicado por la bibliografía.

La caracterización del agua residual obtenida se muestra en la tabla 16:

Características químicas	Normal	Máximo	Mínimo	Valor Obtenido	Análisis de Resultados
Sólidos disueltos (SDT, ppm)	100-300	1200	Trazas	0,185	Contenido mínimo
Conductividad (K, 10 ⁵)	30-60	240	30	1100	Contenido máximo
Nitrógeno total (N total, ppm)	20-40	42	12	28	Contenido normal
Fosfato (PO ₄ ⁼ , ppm)	20-40	50	2	4	Contenido mínimo
Sulfato (SO ₄ ⁼ , ppm)	15-30	75	--	209,250	Contenido máximo
Cloro (Cl, ppm)	200-50	550	20	0,220	Contenido mínimo
Alcalinidad (CO ₃ Ca ppm) (Carbonato de calcio)	100-150	230	--	356,500	Contenido máximo

Tabla 16 – Características químicas obtenidas del agua residual

Los valores de *potencial hidrogeno (pH)* en el *agua residual sin diluir y diluida* indican *agua alcalina*.

El agua de calidad A es diluida con agua potable antes del riego. Los valores medidos de los parámetros de potencial hidrogeno (pH) y conductividad eléctrica (Ce) del agua potable se muestran en la tabla 17.

Las diluciones efectuadas se corresponden a 1 L, 2 L y 3 L.

Parámetros	Unidades	Valores Medidos	Valores de Referencia-CAA(*)
Potencial Hidrogeno (pH)		6,8	6,5-8,5
Conductividad eléctrica (Ce)	μS/cm	771	1000 A 25°

(*) **Código Alimentario Argentino.**

Tabla 17- Valores del agua potable utilizada.

6.2 AGUA CALIDAD B

Los valores de las determinaciones del agua de calidad B que proviene del Rio Salí, muestreados en tres (3) puntos se muestran en la tabla 18.

El muestreo se realizó en forma mensual durante 5 meses.

Parámetros	Unidades	Punto 1	Punto 2	Punto 3
		26.61788 LS 65.18671 LO	26.61947 LS 65.18621 LO	26.62043 LS 65.1857 LO
Potencial Hidrogeno (pH)		7,5	7,5	7,5
Temperatura	°C	13,75	13,05	14,45
Conductividad eléctrica (Ce)	µs/cm	105,00	104,00	102,90
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	215,00	190,00	117,05
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	365,00	370,00	267,05
Solidos totales (TDS)	ppm	402,00	392,00	392,00
Solidos fijos (SF)	mg/L	26,928	25,243	26,428
Solidos volátiles (SV)	mg/L	26,611	24,931	26,121
Salinidad	mg/L	2,710	2,710	2,710
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	mg/L	168,625	170,500	167,050
Alcalinidad	mg/L	356,50	350,00	348,20
Fosfato (PO ₄ ⁻)	mg/L	1,60	1,40	1,50
Hierro (Fe)	mg/L	0,04	0,04	0,04
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0,1	0,1	0,1
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,1	0,1	0,1
Cloro libre (Cl)	mg/L	0,10	0,10	0,10
Cloro total	mg/L	0,10	0,10	0,10

Tabla 18– Valores de las determinación del agua calidad B.

En la tabla 19 se muestran los valores obtenidos de los parámetros del agua para riego de calidad B, junto a los valores de referencia.

Parámetros	Unidades	Valor obtenido	Valores de referencia(*)
Potencial Hidrogeno (pH)		7,5	6.5-9
Temperatura	°C	13,75	-
Conductividad eléctrica (Ce)	µS/cm	103,97	700->3000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	174,02	15->15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	334,02	120->300
Sólidos totales (TDS)	ppm	395,33	15->120
Sólidos fijos (SF)	mg/L	26,20	-
Sólidos volátiles (SV)	mg/L	25,89	-
Salinidad	mg/L	2,71	-
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	mg/L	168,73	200->400
Alcalinidad	mg/L	351,57	-
Fosfato (PO ₄ ⁻)	mg/L	1,50	
Hierro (Fe)	mg/L	0,04	5 - >20
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0,10	1->15
Amonio (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,10	5->30
Cloro libre (Cl)	mg/L	0,10	1->5
Cloro total	mg/L	0,10	-

(*) **Parámetros de calidad de agua para riego de cultivos. Estructplan.**

Tabla 19 – Valores obtenido vs Valores de referencia Agua Calidad B.

Para los parámetros de calidad de agua para riego de cultivos, se tiene: potencial hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (Ce), demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO₅) y sólidos fijos (SF) indican agua de calidad moderada lo que implica riego discontinuo y suelo neutro o alcalino de textura fina.

La demanda química de oxígeno (DQO) nos dice que es agua de mala calidad solo para plantas muy tolerantes suelos de textura fina muy drenados con riego discontinuos.

Para sulfatos (SO_4^-), hierro (Fe) y fluoruro (F^-) califican el agua calidad buena para cualquier suelo y planta.

6.3 SUELO

Los valores de la temperatura promedio del suelo a profundidad de 5 cm se muestran en la tabla 20.

HORA	MUESTRAS												T A ^(*)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
8	1	1	0,9	0,9	1,3	1	1	1	1	1	1	1	8.2
10	1	1	0,9	0,8	0,8	0,9	1	0,95	0,9	1	0,95	1	12
12	1,1	1	1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,08	1,2	1,1	1,15	1,2	12
14	1,9	1	1,5	1,4	1,3	1,7	1,4	1,05	1,2	1,1	1,2	1,2	13
16	1,8	2	1,6	1,6	1,5	1,5	1,8	1,45	1,3	1,6	1,35	1,3	14.5
18	1,1	1	1,6	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	13.5
20	1,5	2	1,5	1,5	1,3	1,4	1,5	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	13

(*) Temperatura Ambiente

Tabla 20 – T° promedio a 5 cm.

Los valores correspondientes a la profundidad de 10 cm se muestran en la tabla 21.

HORA	MUESTRAS												T A ^(*)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
8	0,9	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,86	0,9	0,9	0,88	0,9	8.2
10	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	1	0,95	0,9	1	0,95	1	12
12	1,1	1	1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,08	1,2	1,1	1,15	1,2	12
14	1,5	1	1,5	1,4	1,3	1,4	1,4	1,05	1,2	1,1	1,2	1,2	13
16	1,8	2	1,6	1,6	1,5	1,5	1,8	1,45	1,3	1,6	1,35	1,3	14.5
18	1,7	2	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	1,25	1,3	1,2	1,2	1,3	13.5
20	1,5	2	1,5	1,5	1,3	1,4	1,5	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	13

(*) Temperatura Ambiente

Tabla 21 – T° promedio a 10 cm.

Las temperaturas a profundidad de 5 - 10 cm no han mostrado variaciones ya que los valores promedios son idénticos, 1,2 °C.

Los valores mínimos fueron idénticos 2,0 °C para las 2 profundidades; los máximos presentaron una diferencia 0,1 °C entre ambas: 0,8 °C a 5 cm – 0,9 °C a 10 cm.

El valor más frecuente es 1,1 °C a los 5 cm y 0,9 °C a los 10 cm.

La temperatura ambiente varió entre: valor mínimo 8,2 °C y valor máximo 14,5°C.

Los resultados de la humedad del suelo y los pesos de tierra por muestra se detallan en la tabla 22.

Nro. de Muestra	Peso recipiente (g)	Peso de la tierra (g) (P)	Peso total (recipiente + tierra)	Peso seco (g)	Peso seco(g) final (P')	Peso del agua
M1	18,64	41,90	60,54	44,65	26,01	15,89
M2	52,00	44,16	96,16	81,04	29,04	15,12
M3	17,27	41,12	58,39	44,44	27,17	13,95
M4	50,08	39,68	89,76	77,09	27,01	12,67
M5	46,93	35,12	82,05	67,89	20,96	14,16
M6	46,58	42,76	89,34	75,41	28,83	13,93
M7	48,64	44,74	93,38	80,18	31,54	13,20
M8	41,27	30,48	71,75	60,69	19,42	11,06
M9	53,13	41,66	94,79	80,14	27,01	14,65
M10	48,73	45,72	94,45	80,31	31,58	14,14
M11	54,64	44,23	98,87	82,04	27,40	16,83
M12	47,49	44,72	92,21	77,59	30,10	14,62

Tabla 22– Pesos del agua.

Se determinó la humedad por método gravimétrico y se expresa en porcentaje. Para ello se emplea la siguiente fórmula para el cálculo correspondiente a cada muestra:

$$\% \text{HUMEDAD } H = \frac{P - P'}{P'} * 100$$

P: peso de la tierra

P': peso seco final de la tierra luego de su secado en la estufa.

Los % de humedad obtenidos se muestran en el grafico 1.

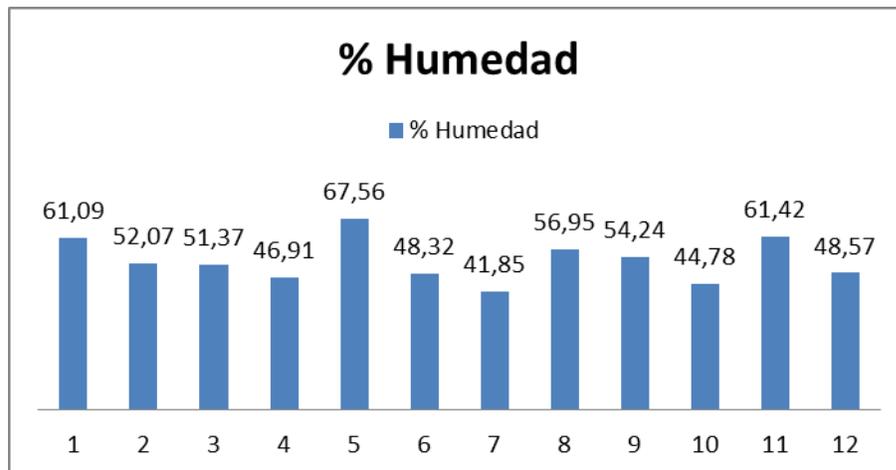


Grafico 1 – Porcentajes de humedad en suelo.

El % de humedad representa el % de agua útil, que es la que consumirá el cultivo.

Por lo que se pudo ver, el cultivo 7 consumió menos agua que el cultivo 5.

Las muestras nro. 4, 7 y 10 han demostrado un bajo % de humedad. Se consideró que ello se debió a la posición de las muestras, dado que han recibido la luz solar desde 10.00 a. m. hasta 17.00 p. m. figura 21.



Figura 21 – Rotación de posición.



Figura 22 – Disposición de las macetas al final del ensayo.

Después de los 54 días de ensayo se rotaron nuevamente la posición de las macetas, debido a que se tuvo temperaturas ambientes mayores a los 30° C y el cultivo recibía luz solar en forma continua desde las 13.00 am hasta 18:00 hs pm, presentando un aparente estrés hídrico. Figura 21

El valor de pH del suelo al inicio del ensayo es 10.01 por lo que estamos frente a un suelo alcalino, manteniéndose como tal al final del ensayo 7.49.

El coeficiente de permeabilidad K en ambos tipos de riego: 10 cm/s

El cultivo necesita una conductividad eléctrica (Ce) que se encuentre en el rango de 2.5 - 3.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En el ensayo este parámetro varió de un valor al inicio de 165.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y al final 5.42 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

6.4 CULTIVO

Los resultados de parámetros analizados en el cultivo al inicio del ensayo se muestran en la tabla 23.

Muestra	Altura del tallo principal (cm)	Diámetro tallo principal (cm)	Cantidad de hojas	Tamaño de hojas (cm) (G-M-CH)*			Observación
M1	24,5	0,6	60	4,2	3,7	2,0	Con brotación de hojas
M2	24,5	0,7	110	2,5	2,0	1,5	Con brotación de hojas
M3	22,0	0,7	90	4,5	2,7	2,1	Con brotación de hojas
M4	28,0	1,5	60	3,5	3,0	2,4	Con brotación de hojas
M5	13,0	1,0	110	2,3	2,0	1,9	Con brotación de hojas
M6	24,0	1,3	70	4	2,6	2,0	Con brotación de hojas
M7	29,5	1,3	130	4,7	2,5	1,7	Con brotación de hojas
M8	26,0	1,0	90	4,3	3,0	2,0	Con brotación de hojas
M9	33,0	0,7	80	3,5	2,5	2,0	Con brotación de hoja
M10	34,0	0,8	70	1,9	1,4	1,0	Con brotación de hojas
M11	21,5	1,2	100	2,8	2,4	2,1	Con brotación de hojas
M12	30,0	1,3	95	3,0	2,5	1,7	Con brotación de hoja – 1 pimpollo

(*) G: Grande – M: Mediano – CH: Chico

Tabla 23- Medición de los parámetros de control del cultivo al inicio del ensayo.

La cantidad de agua que recibieron las muestras de cultivo durante el ensayo fue de 2 L.

6.4.1 CULTIVO A MITAD DE ENSAYO

Los datos obtenidos a los 54 días (mitad del ensayo) se observan, en tabla 24 y 25.

Muestra	Altura del cultivo tallo principal (cm)	Diámetro tallo principal (cm)	Cantidad de hojas	Tamaño de hojas (cm) (G-M-CH)		
				G	M	CH
M1	52	0,6	60(+)	6,2	3,5	2,0
M2	65	0,7	140(+)	5,5	4,0	2,0
M3	41	0,7	90(-)	6,0	4,3	2,2
M4	38	1,5	60(-)	5,5	3,9	2,7
M5	33	1,0	110(-)	4,6	3,0	1,5
M6	72	1,3	70(-)	7,0	4,5	2,4
M7	38	1,3	130(-)	4,9	2,9	2,0
M8	50	1,0	90(-)	6,8	4,5	2,3
M9	48	0,7	80(-)	6,0	4,3	2,5
M10	57	0,8	70	4,0	3,5	2,0
M11	47	1,2	100	5,0	3,7	1,5
M12	48	1,3	95(-)	3,0	3,0	2,0

(*) G: Grande – M: Mediano – CH: Chico

Tabla 24- Datos del cultivo a la mitad del ensayo (1).

Muestra	Cantidad de botones	Cantidad de flores	Diámetro de la flor (cm)	Largo pétalo (cm)	Color flor
M1	1	0	0	0	
M2	0	1	7	3	Naranja
M3	0	0	0	0	
M4	0	0	0	0	
M5	0	5	7-5,5-5-3,5-3,5	3-2,2-1,5-1,6-1,6	Naranja
M6	3	2	7-6	2	Naranja
M7	1	0	0	0	
M8	0	0	0	0	
M9	0	0	0	0	
M10	4	0	0	0	
M11	1	2	5	2	Matizada
M12	0	0	0	0	

Tabla 25 - Datos del cultivo a la mitad del ensayo (2).

Para todas las muestras se efectuaron las labores de remoción de suelo con palita de jardinería, extracción de hojas amarillentas - secas y aplicación de productos químicos, por presentar aparición de enfermedades fúngicas, observándose:

M1: remoción de suelo, extracción hojas amarillentas y aparición de enfermedades fungicidas (botrytis cinérea, moho gris), figura 23.

M2: remoción de suelo.

M3: remoción de suelo y extracción hojas secas.

M4: remoción del suelo, aparición de enfermedades fungicidas (araña blanca) y extracción hojas amarillentas – secas, figura 24.

M5: remoción del suelo, extracción hojas amarillentas – secas, y aparición de enfermedades fungicidas (araña blanca). Hubo 2 brotes nuevos en tallo principal.

M6: remoción del suelo, extracción hojas secas y se observa un tallo seco.

M7: aparición de enfermedades fungicidas (araña blanca), extracción de hojas amarillentas – secas y otras verdosas.

M8: remoción del suelo, extracción de hojas amarillentas – secas y otras verdosas.

M9: remoción del suelo y extracción de hojas amarillentas – secas.

M10: aparición de enfermedades fungicidas (botrytis cinérea, moho gris) en botones – hojas y extracción de hojas amarillentas – secas.

M11: extracción de hojas amarillentas – secas y aparición de enfermedades fungicidas (araña blanca).

M12: extracción de hojas amarillentas – secas y aparición de enfermedades fungicidas (araña blanca). Brotes nuevos secos.

Para combatir el botrytis cinérea, moho gris, y la araña blanca se colocó fungicida a las 12 muestras. La marca comercial utilizada fue Fungoxan. Se preparó una solución de 2,5 cm³ en 10 L de agua de acuerdo a las recomendaciones de uso del

marbete. Se utilizó un pulverizador manual y se efectuaron dos aplicaciones, con intervalo de 15 días entre las mismas, anexo 4



Figura 23- Botrytis cinérea en hoja del cultivo.



Figura 24 – Araña Blanca en el cultivo.

6.4.2 CULTIVO AL FINALIZAR EL ENSAYO

Los datos de altura del tallo principal; diámetro del tallo principal; cantidad de hojas y tamaño de hojas obtenidos al concluir el ensayo, 108 días, se pueden observar en tabla 26.

Muestra	Altura del cultivo tallo principal (cm)	Diámetro tallo principal (cm)	Cantidad de hojas	Tamaño de hojas (cm) (G-M-CH)		
				G	M	CH
M1	60	0,6	140(+)	7	5,5	2,5
M2	65	0,7	110	2,5	2	1,5
M3	45	0,7	130	6,5	4,5	3
M4	38	1,5	80	7	5	2
M5	40	1	4	3	2	1,5
M6	72	1,3	140	7	4,5	2,4
M7	50	1,3	200	6	3,5	2
M8	55	1	5	6,5	5	2,5
M9	48	0,7	80(-)	6,5	5	3,5
M10	57	0,8	70(+)	4,5	3	2
M11	47	1,2	100	5,5	4	2,5
M12	75	1,3	150	7	5	2

(*) G: Grande – M: Mediano – CH: Chico

Tabla 26- Datos del cultivo al final del ensayo (1).

En tabla 27 se muestran los datos de: cantidad de botones; cantidad de flores; diámetro de la flor; largo del pétalo y colores de flores.

Muestra	Cantidad de botones	Cantidad de flores	Diámetro de la flor (cm)	Largo pétalo (cm)	Colores flores
M1	0	2	9	2	Blanco
M2	0	0	0	0	
M3	0	0	0	0	
M4	0	0	0	0	
M5	0	0	0	0	
M6	0	3	6-4-5	2-2-2	Naranja
M7	0	0	0	0	
M8	0	0	0	0	
M9	0	0	0	0	
M10	0	0	0	0	
M11	0	4	5-5,2-4,8-4,5	2-2-2-2	Matizada
M12	3	3	3,5-3,8-3,9	2,5-2,5-2,5	Sin Color

Tabla 27- Datos del cultivo al final del ensayo (2).

En tabla 28 se encuentran las observaciones con respecto a brotación de hojas y las muestras de cultivo en las que se encuentra el moho gris.

Nro. de muestra	Observación
M1	Con brotación de hojas – Con Botrytis cinérea
M2	Con Botrytis cinérea
M3	Con brotación en hojas - Con Botrytis cinérea
M4	Con brotación de hojas - Con Botrytis cinérea
M5	Con Botrytis cinérea
M6	Con brotación de hojas - Con Botrytis cinérea
M7	Con brotación de hojas en tallo principal - Con Botrytis cinérea
M8	Con Botrytis cinérea
M9	Con brotación de hojas - Con Botrytis cinérea
M10	Con brotación en hoja – Con Botrytis cinérea
M11	Con brotación de hojas - Con Botrytis cinérea
M12	Con brotación de hojas - Con Botrytis cinérea

Tabla 28- Datos del cultivo al final del ensayo (3).

Los valores del parámetro altura del tallo principal se observan en tabla 29:

Tiempo	0 días	54 días	108 días
Nro. muestra	Altura del cultivo tallo principal (cm)	Altura del cultivo tallo principal (cm)	Altura del cultivo tallo principal (cm)
M1	24,5	52	60
M2	24,5	65	65
M3	22,0	41	45
M4	28,0	38	38
M5	13,0	33	40
M6	24,0	72	72
M7	29,5	38	50
M8	26,0	50	55
M9	33,0	48	48
M10	34,0	57	57
M11	21,5	47	47
M12	30,0	48	75
PROMEDIO	25,83	49,08	54,33

Tabla 29– Altura tallo principal.

De todas las variedades empleadas se observó:

- variación altura de tallo principal osciló:
 - inicio (0 días) : 25,83 cm
 - mitad (54 días): 49,08 cm
 - final (108 días): 54,33 cm.

Por lo tanto el incremento observado fue: 200% por cultivo.

La cantidad de hojas han variado y se muestran en tabla 30.

Tiempo	0 días	54 días	108 días
Nro. muestra	Cantidad de hojas	Cantidad de hojas	Cantidad de hojas
M1	60	70	150
M2	110	150	110
M3	90	80	130
M4	60	50	80
M5	110	100	4
M6	70	60	140
M7	130	120	200
M8	90	80	5
M9	80	70	70
M10	70	70	80
M11	100	100	100
M12	95	85	150
PROMEDIO	88,75	86,25	101,58

Tabla 30– Cantidad de hojas por cultivo.

- variación cantidad de hojas osciló:
 - inicio (0 días) : 88,75 cm
 - mitad (54 días): 86,25 cm
 - final (108 días): 101,58 cm

Por lo tanto el incremento en cantidad de hojas fue: 100% por cultivo.

El tamaño de las hojas se observan en tabla 31.

Tiempo	0 días	54 días	109 días
Nro. muestra	Tamaño de hojas	Tamaño de hojas	Tamaño de hojas
M1	4,2	6,2	7,0
M2	2,5	5,5	2,5
M3	4,5	6,0	6,5
M4	3,5	5,5	7,0
M5	2,3	4,6	3,0
M6	4,0	7,0	7,0
M7	4,7	4,9	6,0
M8	4,3	6,8	6,5
M9	3,5	6,0	6,5
M10	1,9	4,0	4,5
M11	2,8	5,0	5,5
M12	3,0	3,0	7,0
PROMEDIO	3,43	5,38	6,00

Tabla 31– Tamaño de hojas por cultivo.

- variación tamaño de hojas osciló:
 - inicio (0 días) : 3,43 cm
 - mitad (54 días): 5,38 cm
 - final (108 días): 6,00 cm

Por lo tanto el incremento en tamaño de hojas fue: 175% por cultivo.

La cantidad de botones florales se muestran en tabla 32.

Tiempo	0 días	54 días	108 días
Nro. muestra	Cantidad de botones	Cantidad de botones	Cantidad de botones
M1	0	0	1
M2	0	0	0
M3	0	0	0
M4	0	0	0
M5	0	0	0
M6	0	0	3
M7	0	0	1
M8	0	0	0
M9	0	0	0
M10	0	0	4
M11	0	0	1
M12	1	3	0
PROMEDIO	0,1	0,3	0,8

Tabla 32 – Cantidad de botones por cultivo.

- variación cantidad de botones osciló:
 - inicio (0 días) : 0,1
 - mitad (54 días): 0,3
 - final (108 días): 0,8

La cantidad de flores se muestran en tabla 33.

Tiempo	54 días	108 días
Nro. muestra	Cantidad de flores	Cantidad de flores
M1	0	2
M2	1	0
M3	0	0
M4	0	0
M5	5	0
M6	2	3
M7	0	0
M8	0	0
M9	0	0
M10	0	0
M11	2	4
M12	0	3
PROMEDIO	0,83	1

Tabla 33– Cantidad de flores por cultivo.

- variación cantidad de flores osciló:
 - mitad (54 días): 0,83
 - final (108 días): 1

Por lo que se pudo estimar que hubo un incremento del 120 %. Ya que solo florecieron la mitad del cultivo del ensayo

El diámetro de los tallos fue el mismo durante el ensayo.

El diámetro de la flor osciló:

- mitad (54 días): 3,0 cm
- final (108 días): 4,6 cm

El aumento fue: 160 % por cada pieza floral.

El largo de los pétalos osciló:

- mitad (54 días): 1,2 cm
- final (108 días): 1,8 cm

El crecimiento del largo de los pétalos fue: 55 % por cultivo.

7. CONCLUSIONES

- ✓ De acuerdo a la bibliografía, el agua residual cloacal tiene:
 - La composición típica basada en 8 parámetros, de los cuales en este trabajo se valoraron 7, encontrando que solamente la demanda química de oxígeno a los 5 días (DBO_5) y nitrógeno (N) son los dos indicadores de que el agua calidad A es residual.
 - En cuanto a riqueza de los nutrientes que aporta el agua residual al cultivo se observó que el fosfato (PO_4^-) aportó 12,5 % del total de nutrientes.
 - La característica química normal (14,29%) aportada por el parámetro nitrógeno (N); máximo (42,86%) por conductividad eléctrica (Ce), sulfato (SO_4^-) y alcalinidad; mínima (42,86%) por sólidos disueltos (SDT), fosfato (PO_4^-) y cloro (Cl); implica que no se puede caracterizar solamente por normal o por máximo o por mínimo.

- ✓ Para analizar el agua residual cloacal Calidad A, se compararon los parámetros analizados con la normativa de la provincia de Tucumán, Resolución N° 030/2009/SEMA, llegando a las siguientes conclusiones:
 - A pesar de que en agua residual cloacal (calidad A) los parámetros:
 - conductividad eléctrica (Ce)
 - fosfato (PO_4^-)
 - amonio (NH_4^+)

Se encuentran fuera del rango de referencia para cuerpo de agua y suelo de la normativa de Tucumán, estos valores no afectaron al cultivo regado.

- Si observamos el parámetro demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO_5), encontramos que es 3 veces superior al límite de referencia para

cuerpo de agua y apto para absorción de suelo, por lo que se consideró que el mismo no tuvo injerencia alguna en el crecimiento del cultivo.

- Por otra parte parámetros de importancia en el crecimiento de los vegetales como: potencial hidrogeno (pH), temperatura, sólidos totales disueltos (TDS), sulfato (SO_4^-), cloro libre (Cl), hierro (Fe) y fluoruro (F^-) cumplen con la normativa de la Resolución de la SEMA.

- ✓ El agua residual cloacal Calidad A, al haberse diluido con agua potable, no manifestó modificación del parámetro potencial hidrogeno (pH).

- ✓ El potencial hidrogeno (pH) del suelo se mantuvo de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

- ✓ En el cultivo regado las mediciones en longitud de tallos en flores de corte según el mercado, el rango 50-60 cm califica calidad tercera; mientras que el rango 40-50 cm calidad corta.

- ✓ Según FAO, los valores de demanda biológica de oxígeno a los 5 días (DBO_5) y sulfato (SO_4^-) están dentro de calificación de calidad severa, sin embargo no afectaron el normal crecimiento del cultivo en el tiempo estudiado, recomendando emplear riego discontinuo.
 - El agua del Río Salí Calidad B, en los 3 puntos de muestreos, califica como agua de calidad moderada para riego discontinuo.

- ✓ Es totalmente factible que el estudio realizado en el presente trabajo, pueda servir de experiencia a otros cultivos (árboles y cespitosas principalmente).

8. RECOMENDACIONES

- Estudiar otras plantas de tratamiento para analizar confiabilidad operacional en los procesos de tratamiento, principalmente analizar el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO₅), por la injerencia de la misma sobre cuerpos de agua.
- Realizar nuevos ensayos de riego en cultivos de flores ornamentales y en vivero a efectos de emplear el agua residual y contribuir a una merma del uso de agua potabilizada en riego.
- Analizar la capacidad de redistribución que manifiestan los cultivos en relación a los parásitos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA DE SOUZA, M. 1997. Hoja de Divulgación Técnica CEPIS HDT 68: Metodología de análisis de decisiones para seleccionar alternativas de tratamiento y uso de aguas residuales. Universidad de Brasilia.

ASANO, T Y LEVINE A.D. 1996. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present and future. *Water Science and Technology*, 33 (10/11). Págs. 1-14.

ATLAS MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE – Preservación de la Naturaleza. 1996. Contaminación química y biológica del medio marino, 4. Págs. 14-15.

BARRENETXEA, C. O. et al. 2003. Contaminación Ambiental Una Visión de la Química. Thomson. Págs. 263-293.

BISWAS, T. K., HIGGINSON F. R. Y SHANNON I., Effluent nutrient management and resource recovery in intensive rural industries for the protection of natural water. *Water Science and Technology*. Págs. 19-27.

BLUM, D. y FEACHEM, R.G. 1985. Health aspects of nightsoil and Sludge use in agricultura and aquaculture. Part III.-an epidemiological perspective. Dübendorf, Centro internacional de Referencia sobre Evacuación de Desechos (Informe N-05/85).

BOTTO, J. et al. Diciembre 2013 – Enero 2014. *Revista Ciencia Hoy. Investigación Científica y plantas ornamentales*. Volumen 23, Numero 136. Págs. 37-43.

BROWN PÉREZ et al. 2013. Efecto del manejo de cortinas sobre los días de cosecha y la calidad en rosa de exportación (*Rosa sp. Var. Freedom*) cultivada bajo invernadero *Revista Avances en Ciencia e Ingenierías*, Quito Ecuador. Vol. 5, No 2, Págs. C50-C60.

CALVO, M. S. 1995. Aguas Residuales Urbanas. Tratamientos Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento. Antecedentes y Bases Técnicas Generales. Ediciones Mundi-Prensa. Págs. 11-12,15, 21-23,27-29,34-35, 39,78-79.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA DE TECNOLOGÍA Y DISEÑO DEL ESTADO DE JALISCO. 2016. Tecnología para la depuración de aguas residuales mediante una planta de tratamiento de bajo costo de operación y mantenimiento.

CEPIS/OPS. 1989. Directrices Sanitarias sobre el uso de Aguas Residuales en Agricultura y Acuicultura. Informe de un Grupo Científico de la OMS/Organización Mundial de la Salud, Ginebra. Serie de Informes Técnicos. Pág. 778.

CNEA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA. 1998. Planta de irradiación de Barros Cloacales. Tucumán.

DEPARTAMENTO GENERAL DE IRRIGACIÓN DE LA PROVINCIA DE MENDOZA. 2017. Aplicación el reúso de agua residual para riego en agricultura.

EWEIS J., et al. 1999. Principios de Biorremediación. Biorrecuperación por Vía Solida. Mac Graw Hill. Págs. 8-196.

FALESCHINI MAURICIO. 2016. Estrategias, Dificultades y Beneficios en la Aplicación del Reúso del Agua Tratada en Tres Municipios de la Patagonia 3er encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Humanos (IFRH 2016).

FAO, BRAATZ SUSAN. 2009. Utilización de aguas residuales urbanas para el riego de árboles y bosques.

FAO. 2001. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS POR LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN.. El papel de la agricultura en el desarrollo de los países menos adelantados y su integración en la economía mundial. Documento preparado para la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre los países menos adelantados. Bruselas. Organización de las Naciones Unidas por la Agricultura y la Alimentación. Roma. Págs. 139-140.

FEIGIN, A., RAVINA I. Y SHALHEVET J., 1991. Irrigation with treated Sewage effluent: Management for Environmental protection. Springer-Verlag, Berlín.

GONZÁLEZ CABALLERO, MATILDE. 2001. El Terreno. ISBN: 84-8301-530-7. Edición UPC. Págs. 38-42.

GONZÁLEZ GONZÁLEZ, MARÍA ISABEL et al. 2010. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. 2010. Revista cubana de salud pública 37(1). Págs. 61-73.

GRAIÑO, J. G .1998. Economía y racionalización de los usos del agua: Seminario de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo de Santander, 29 de agosto al 2 de septiembre de 1.994, 1996, ISBN 84-498-1998-9. Págs. 211-218.

GRAIÑO, J. G., MAGNAVACCA.1998. Sewage Sludge Irradiation Plant in Argentina. Environmental Applications of Ionizing Radiations. COOPER, CURRY, O'SHEA Edit. John Wiley & Sons. Págs. 557 – 567.

HAVLIN, J. L. et al. 2013. Soil Fertility and Fertilizers an Introduction to Nutrient Management. Editorial Pearson. EEUU. Págs. 516.

HILLEL, D. 1989. The efficient use of water in irrigation. Washington, DC, Banco Mundial, 1987 (Banco Mundial, Documento Técnico N° 64).

LA GACETA. 2002 Los valores de venta de los cultivos de flores de corte se triplicaron con respecto a años anteriores a partir del año 2002 en la provincia de Tucumán.

MIHELICIC, J. R., et al. 2014. Ingeniería Ambiental. Fundamentos. Sustentabilidad. Diseño. Alfaomega. Págs. 2, 44-46,7, 259-291.11, 463-464.

MILLER, G. T. 2003. Ciencia Ambiental: Preservemos la Tierra. Thomson. 5ta Edición.2, Págs. 54-55.

MOYA, N. S. et al. 2004. Revista de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la FRT. Análisis de sistema de tratamiento de aguas residuales.

MOYA, N. S. et al. 2005. Revista de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la FRT .Ensayo de laboratorio de cultivo de flores con agua residual tratada.

NEME, N. et al. 2001. Revista de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la FRT. Planteo del estado de contaminación de la cuenca Río Salí – Dulce. Año I. Nro. 1. Págs. 55-57.

PÉREZ PETITON et al. 2010. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. Centro de Mecanización Agropecuaria de la Universidad Agraria de la Habana.

PILAR ROMÁN.2014. Fuentes alternativas de riego. Aguas residuales. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Córdoba.

PROSAP (Servir al Agro), Estudio potencial del uso alternativo de fuentes de agua: Las aguas residuales. 2013.

SHUVAL, W. 1987. La próxima era de la reutilización intensiva de aguas residuales en la región mediterránea. Revista Water Science and Tecnoloy. Volumen 33, Issues. Págs. 10-11. 115-1256.

SILVA LEAL JORGE et al. 2014. Influencia del riego con aguas residuales domesticas tratadas sobre el contenido de patógenos en un suelo cultivado con caña de azúcar Colombia. 8(21). Págs. 43-49.

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA, DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGRARIA Y ALIMENTARIA (INIA) Y LA ASOCIACIÓN DE ORGANIZACIONES DE PRODUCTORES DE FRUTAS Y HORTALIZAS DE ALMERÍA (COEXPHAL). 2009. Ejemplos prácticos de reutilización de agua residual tratada y regenerada para riego de cultivos y Evaluación de riesgo. Págs. 7-24.

UTN. 2008. Evaluación de Impacto Ambiental Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Barros de San Felipe.

YADAV, R. K., GOYAL B., SHARMA R. K., DUBEY S. K. Y MINHAS P. S., 2002. Post-irrigation impact of domestic Sewage effluent on composition of soil, crops and ground water – a case study. Environment Internacional. Págs. 481-486.

YONG ANIA. 2004. Técnicas de Formación y Manejo del Rosal. Departamento de Fitotecnia del Instituto Nacional de Ciencias Agrarias. Cuba. Págs. 53-60.

ZAMORA RODRÍGUEZ et al. 2008. Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de coro, Estado de Falcón. Revista Bioagro 20(3).

Páginas Web Consultadas

ANNA PLANTA.2017. Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Anna>

ARROYO, L. E. y col. 2015. Catálogo de Rosas. INTA.
<https://inta.gob.ar/documentos/catalogo-de-rosas-que-se-pueden-encontrar-en-viveros-de-san-pedro>

ASOCIACION DE JARDICULTURA, 2011. Tipos de Rosales.
<https://www.asociaciondejardicultura.org/articulos/vocalias/rosales/item/239-tipos-de-rosales>

CATALOGO DE ROSAS.2016. Vivero Monte Rojo. Uruguay
<http://www.asociacionuruguayadelarosa.com/pdf/Monte%20Rojo%20-%20Catalogo%202016.pdf>

ESTRUCTPLAN. 2009. Ingeniería de Tratamiento de Aguas residuales: Reutilización de las aguas residuales. Riesgo agrícola.
<https://estrucplan.com.ar/producciones/contenido-tecnico/p-efluentes-liquidos-y-gaseosos/ingenieria-de-tratamiento-de-aguas-residuales-reutilizacion-de-las-aguas-residuales/>

FLORIBUNDA ‘TOCADE’ – JB-R2-09.
<http://www.jardinbotanico.uma.es/bbdd/index.php/jb-r2-09/>

HELPMEFIND. 2019. Rosas. Clemátides y peonías y todo lo relacionado con la jardinería. <https://www.helpmefind.com/rose/pl.php?n=36460>

HISTORIA DE LA ROSA. <http://www.rosas.info/articulos/>

[http://cebem.org/cmsfiles/publicaciones/Manual de Botanica.pdf](http://cebem.org/cmsfiles/publicaciones/Manual_de_Botanica.pdf)- pág. 54

http://www.economiayviveros.com.ar/noviembre2011/actualidad_floricola_1.html

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/estudio/aguasresiduales/REUS_O_SEGURO_DE_AGUAS_RESIDUALES_EN_ARGENTINA.pdf

<https://www.lagaceta.com.ar/nota/17637/economia/precio-rosas-hace-se-piense-otra-vez-producir.html>

https://www.researchgate.net/publication/267849996_MODELO_DE_PREDICCION_Y_MANEJO_DE_CULTIVOS_DE_ROSAS

INFOAGRO. Agricultura -El cultivo de las Rosas para Corte-1era parte.
<http://www.infoagro.com/flores/flores/rosas.htm>

JUBILEO DEL PRÍNCIPE DE MÓNACO, 2018. Wikipedia.
https://fr.wikipedia.org/wiki/Jubil%C3%A9_du_Prince_de_Monaco

MONACO NATURE ENCYCLOPEDIA. 2007. Rosa Jubilé du Prince de Monaco.
<https://www.monaconatureencyclopedia.com/rosa-jubile-du-prince-de-monaco/?lang=es>

NÚÑEZ, JORGE. 2013. Agua y Saneamiento a Nivel Nacional. Alternativas de Innovación. Cámara Argentina de la Construcción. Área de pensamiento estratégico.
<file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Agua%20y%20Saneamiento%20web.pdf>

ROSA MONTEZUMA, 2017. Wikipedia.
https://es.wikipedia.org/wiki/Rosa_%27Montezuma%27

ROSASS. NET. 2018. Rosa Pascali.
<https://www.rosass.net/modernas/hibrido-de-te/pascali/>

10. ANEXOS

ANEXO 1. Registros días 1 y 2 de temperaturas del suelo obtenidas al inicio del ensayo.

DIA 1. REGISTRO DE TEMPERATURAS

HORA	T° AMBIENTE	T° AMBIENTE PARA CADA MEDICION	PROFUNDIDAD (CM)	PUNTOS DE MUESTREOS	T°
8:00 - NUBLADO	12	12	5	1	1
			10		1
			5	2	1
			10		1
			5	3	1
			10		1
			5	4	0.9
			10		1
			5	5	1.9
			10		1
			5	6	1
			10		1
			5	7	1
			10		1
			5	8	1
			10		1
			5	9	1
			10		1
			5	10	1
			10		1
			5	11	1
			10		1
			5	12	1
			10		1
10:00 - NUBLADO	12	12	5	1	1
			10		1
			5	2	1
			10		1
			5	3	1
			10		1
			5	4	0.9
			10		1
			5	5	1.9
			10		1
			5	6	1
			10		1
			5	7	1
			10		1
			5	8	1
			10		1
			5	9	1
			10		1
			5	10	1
			10		1
			5	11	1
			10		1
			5	12	1
			10		1
12:00 - NUBLADO	12	12	5	1	1.1
			10		1.1
			5	2	1
			10		1
			5	3	1
			10		1
			5	4	1
			10		1
			5	5	1

14:00 - NUBLADO	12	12	10		1
			5	1	1.1
			10		
			5	2	1
			10		
			5	3	1
			10		
			5	4	1
			10		
			5	5	1
			10		
			5	6	1.1
			10		
			5	7	1
			10		
			5	8	1
			10		
			5	9	1
			10		
			5	10	1
			10		
			5	11	1
			10		
			5	12	1
10		1			
16:00 - NUBLADO	12	12	5	1	1.1
			10		
			5	2	1
			10		
			5	3	1
			10		
			5	4	1
			10		
			5	5	1
			10		
			5	6	1.1
			10		
			5	7	1
			10		
			5	8	1
			10		
			5	9	1
			10		
			5	10	1
			10		
			5	11	1
			10		
			5	12	1
			10		
18:00 - NUBLADO	13	13	5	1	1.1
			10		
			5	2	1.1
			10		
			5	3	1.1
			10		
			5	4	1.1
			10		
			5	5	1.1
			10		
			5	6	1.1
			10		
			5	7	1.1
			10		
			5	8	1.1
			10		

20:00 - NUBLADO	13	13	5	9	1.1
			5	1	1.1
			10	2	1.1
			5		1.1
			10	3	1.1
			5		1.1
			10	4	1.1
			5		1.1
			10	5	1.1
			5		1.1
			10	6	1.1
			5		1.1
			10	7	1.1
			5		1.1
			10	8	1.1
			5		1.1
			10	9	1.1
			5		1.1
			10	10	1.1
			5		1.1
			10	11	1.1
			5		1.1
			10	12	1.1
			5		1.1

DÍA 2. REGISTRO DE TEMPERATURAS

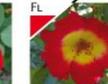
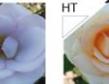
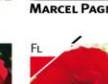
HORA	T° AMBIENTE	T° AMBIENTE PARA CADA MEDICION	PROFUNDIDAD (CM)	PUNTOS DE MUESTREOS	T°
8:00 - NUBLADO	4.4	4.4	5	1	0.8
			10		0.8
			5	2	0.8
			10		0.8
			5	3	0.7
			10		0.7
			5	4	0.8
			10		0.8
			5	5	0.75
			10		0.75
			5	6	0.75
			10		0.75
			5	7	0.7
			10		0.7
			5	8	0.72
			10		0.72
			5	9	0.8
			10		0.8
			5	10	0.7
			10		0.7
			5	11	0.75
			10		0.75
			5	12	0.71
			10		0.71
10:00 - NUBLADO	12	12	5	1	0.9
			10		0.9
			5	2	0.8
			10		0.8
			5	3	0.85
			10		0.85
			5	4	0.8
			10		0.8
			5	5	0.82
			10		0.82
			5	6	0.82
			10		0.82
			5	7	0.9
			10		0.9
			5	8	0.9
			10		0.9
			5	9	0.85
			10		0.85
			5	10	0.9
			10		0.9
			5	11	0.9
			10		0.9
			5	12	0.9
			10		0.9
12:00 - NUBLADO	12	12	5	1	1.1
			10		1.1
			5	2	1
			10		1
			5	3	1
			10		1
			5	4	1.1
			10		1.1

14:00 – CON SOL	14		5	1	
			10		
			5	2	
			10		
			5	3	
			10		
			5	4	
			10		
			5	5	
			10		
			5	6	
			10		
			5	7	
			10		
	5	8			
	10				
	5	9			
	10				
	5	10			
	10				
	5	11			
	10				
	5	12			
	10				
16:00-CON SOL	17	17	5	1	2.5
			10		2.5
			5	2	2
			10		2
			5	3	2.1
			10		2.1
			5	4	2.2
			10		2.2
			5	5	2
			10		2
			5	6	1.8
			10		1.8
			5	7	2.5
			10		2.5
5	8	1.9			
10		1.9			
5	9	1.6			
10		1.6			
5	10	2.2			
10		2.2			
5	11	1.7			
10		1.7			
5	12	1.6			
10		1.6			
18:00 – CON SOL	14	14	5	1	2.2
			10		2.2
			5	2	2.1
			10		2.1
			5	3	2
			10		2
			5	4	2.1
			10		2.1
			5	5	1.9
			10		1.9
			5	6	2.0
			10		2.0
			5	7	1.8
			10		1.8
5	8	1.4			
10		1.4			
5	9	1.4			

20:00 - NUBLADO	13	13	5	1	1.9
			10		1.9
			5	2	1.9
			10		1.9
			5	3	1.9
			10		1.9
			5	4	1.8
			10		1.8
			5	5	1.5
			10		1.5
			5	6	1.7
			10		1.7
			5	7	1.8
			10		1.8
			5	8	1.1
			10		1.1
			5	9	1.1
			10		1.1
			5	10	1.2
			10		1.2
			5	11	1.1
			10		1.1
			5	12	1.1
			10		1.1

**ANEXO 2. Variedad de rosas Farandole, Jubilé Du Prince De Monaco,
Montezuma, Pascali y Anna según Arroyo et al.; Catalogo INTA, 2015.**

Catálogo de Rosas que se pueden encontrar en Viveros de San Pedro

 FL/HT AMBIANCE	 FL COMTESSE DU BARRY	 HT SUPER STAR	 HT ROUGE MEILLAND	 FL COCKTAIL	 HT REVOL	 HT/GF MONTEZUMA	 HT CAPRICE	 HT LADY X	 HT VERSILIA
 HT JUST JOEY	 HT GINA LOLLOBRIGIDA	 HT CRISTOBAL COLON	 HT DOBLE DELIGHT	 FL/HT ELLE	 HT UNCLE JOE	 FL/HT DESIREE	 AR DYNASTIE	 HT PAPA VICENS	 HT ROSA MULTIFLORA INERMIS
 FL GRAHAM THOMAS	 HT/ROM JEAN GIONO	 HT LEONIDAS®	 MIN MIGNON	 FL FARANDOLE	 FL EUROPEANA	 HT BELLA ÉPOCA	 HT/ROM FREDERIC MISTRAL / THE CHILDREN'S ROSE	 HT CHARLES DE GAULLE	 HT VERSAILLES BLANCA
 HT KING'S RANSOM	 HT/ROM MICHELANGELO	 HT IMPERATRICE FARAH	 HT KRONENBOURG / FLAMING PEACE	 FL/GF JUBILÉ DU PRINCE DE MONTEBENO / FIRE AND ICE	 HT OKLAHOMA	 GF QUEEN ELIZABETH	 FL/HT JARDINS DE FRANCE / PASSIONATE KISSES	 FL/HT TINIQUE	 FL/HT HONORE DE BALZAC
 HT ALEXANDRA	 GF/HT PHILIPPE NOIRET	 HT LOUIS DE FUNES	 HT HOCUS POCUS	 FL/AR LA SEVILLANA	 HT CREPPE DE CHINA	 HT SALMÓN ANGE	 FL/ROM LEONARDO DA VINCI	 HT ELINA	 HT NAVIDAD / WHITE CHRISTMAS
 HT SUN KING	 TR POLKA	 HT GRANADA	 FL RUSTICANA	 GF/HT MARCEL PAGNOL	 HT GRAND GALA®	 HT VERSAILLES ROSADA	 HT/ROM PARIS DE YVES ST. LAURENT	 HT JARDÍN DE BAGATELLE	 FL CHARLES AZNAVOUR MATILDA / SEDUCTION
 HT GRISBI	 HT/ROM CENTENNIAL STAR	 GF/HT CAMELOT	 HT LOVELY RED	 FL MATHIAS MEILLAND	 HT CHARLOTTE	 FL ELSE POULSEN	 HT MACARENA	 HT TOURMALINE	 AR/ROM CONCERTO
 HT GLORIA DEI	 HT/ROM TOULOUSE-LAUTREC	 HT ALELUJA	 FL/HT COCADE	 FL NICCOLO PAGANINI	 HT MEILOUZOUZ O FUEGO NEGRO	 HT MME DRIOUT	 HT BLUE MOON	 FL ICEBERG	 HT COSMOS
 IN GOLDEN CELEBRATION	 HT STAR 2000	 HT PAPA MEILLAND	 HT TRAVIATA	 AR RED MEILLAND	 HT KARDINAL	 PIE ROSA ÍNDICA	 HT EMINENCE	 HT PASCALI	 FL/HT TCHAIKOVSKI
 GF/HT BUCCANEER	 FL VOODOO	 HT MR. LINCOLN	 FL CHORUS	 HT SOFIA LOREN	 FL/HT ANNA	 FL BONICA	 HT MALUVE MELODY	 HT POLO	 FL GEHISA



Ampliar en <http://goo.gl/XiWJ27>

Referencias: HT: Híbrida de Té / F: Floribunda / GF: Grandiflora / Ar: Arbustiva / Tr: Trepadora
Rom: Romántica / In: Inglesa / Min: Miniatura



ANEXO 3. Marbete del Fungicida

FUNGUICIDA
FungoXAN
SUSPENSION CONCENTRADA



Grupo 1
LINEA JARDIN



COMPOSICION
 carbendazim: (2-metoxicarbamilo)-benzimidazol50 g
 Inertes c.s.p.100 cm³

LEA INTEGRAMENTE ESTA ETIQUETA ANTES DE UTILIZAR EL PRODUCTO

SENASA N° 00160
 Fecha de Vto. y Lote N°: ver estuche
 Industria Argentina Contenido Neto:
 No inflamable

Punch Química S.A.
 Av. M.T. de Alvear 4734
 Visite: www.glaxoxan.com
 (1702) Ciudadela - Pcia. Bs. As. Arg.

Representante en Bolivia: **AGROINCO**...
 Av. C. Redentor e/ 6° y 7° anillo Santa Cruz - Bolivia
 Tel. piloto: (591 3) 3444144
 ventas@agroincosri.com.bo
 Registro INSO N°: ver envase.

Representante en Paraguay: Importado por GENERAR
 E.I.R.L., Panchito López 1852c/ Humaitá - Bo. Itá Ka'avy
 Fernando de la Mora, Paraguay. Háb. N°: 017/2016
 R.S. N°: ver envase

Consultas en caso de intoxicación: Centro Nacional de
 Intoxicaciones, Telef: (021) 220418; Asunción - Paraguay

CUIDADO

RECOMENDACIONES DE USO GENERALIDADES DEL PRODUCTO:

FUNGOXAN, es un fungicida sistémico, que se traslada por el interior del vegetal y puede ser aplicado tanto por pulverización foliar como por riego.

Ejerce una acción en forma preventiva, impidiendo la infección como así también en forma curativa interfiriendo en el crecimiento y desarrollo del hongo. Su persistencia en forma activa dentro del vegetal es de 2 a 3 semanas. **FUNGOXAN** controla enfermedades en frutales, cítricos y ornamentales.

INSTRUCCIONES PARA EL USO:

PREPARACION: Agitar bien el contenido antes de usarlo.

EQUIPOS, VOLUMENES Y TÉCNICAS DE APLICACIÓN: Puede aplicarse por pulverización con equipo manual o motopulverizadora, por riego o por inmersión de órganos vegetales.

En un recipiente con agua, agregar la dosis recomendada de producto, medida con la ayuda del vaso graduado, homogeneizar la mezcla y completar el volumen; pasar el formulado al pulverizador o regadera, agitar y aplicar.

RECOMENDACIONES DE USO:

CULTIVO	ENFERMEDAD	DOSIS	INDICACIONES Y ÉPOCA DE APLICACIÓN
Duraznero	Sarna (<i>Fusicladium carpophilum</i>)	6 - 5 cm ³ /10 lts. de agua	Una aplicación después de formado el fruto, repetir cada 10 a 20 días según condiciones climáticas.
Tomate	Sclerotinia sclerotiorum, Podredumbres (<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Phoma lycopersici</i>)	6 cm ³ /10 lts. de agua	Iniciar tratamientos con los primeros síntomas. Repetir a intervalos de 10 a 15 días. Tratamientos con intervalo de 15 días al manifestarse los primeros síntomas de la enfermedad.
Frutilla	Podredumbre gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	5 - 7 cm ³ /10 lts. de agua	Realizar tratamientos: 1° con el 50% de las flores abiertas; 2° a la caída de los pétalos y 3° cuando las frutillas comienzan a madurar.
Rosa	Podredumbre (<i>Botrytis cinerea</i>) y Oidio (<i>Oidium spp.</i>)	2,5 - 3 cm ³ /10 lts. de agua	Tratamiento: con intervalos de 15 días al manifestarse los primeros síntomas de la enfermedad.
Clavel	Fusariosis (<i>Fusarium roseum</i>) Podredumbre de los pimpollos (<i>Botrytis cinerea</i>)	5 - 10 cm ³ /10 lts. de agua 5 - 10 cm ³ /10 lts. de agua	Pulverizar a intervalos de 15 días al manifestarse los primeros síntomas de la enfermedad. Desde la aparición del botón floral pulverizar cada 15 días.
En invernáculos: Poinsetia - Crisantemos Cineraria - Fresa - Fuxia - Cyclamen (violeta de los alpes) Violeta africana	Podredumbre (<i>Botrytis cinerea</i>)	2,5 - 3	Tratamiento: pulverizar a intervalos de 15 días al manifestarse los primeros síntomas de la enfermedad.

ANEXO 4. Fotos



Variedad Jubilé Du Prince De Monaco.



Variedad Anna.



Variedad Pascali.



Variedad Sin Tipo.



Variedad Farandole.



Variedad Tocado.



Variedad Montezuma.