



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**

**“CAMILO CIENFUEGOS”**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**Maestría en Ciencias Agrícolas**

**Mención: Sistemas Agroecológicos y Sostenibles de Producción.**

*Tesis presentada en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas.*

**Título:**

**Influencia de la altura de los emisores en la uniformidad del riego en la agricultura urbana.**



**AUTOR:** Ing. Zemedhun Girma Hailu.

**TUTOR:** Dr. C. Rolando León Aguilar.

**Matanzas, Octubre 2010**

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**

**“CAMILO CIENFUEGOS”**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**Maestría en Ciencias Agrícolas**

**Mención; Sistemas Agroecológicos y Sostenibles de Producción.**

***Tesis presentada en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas.***

**Título:**

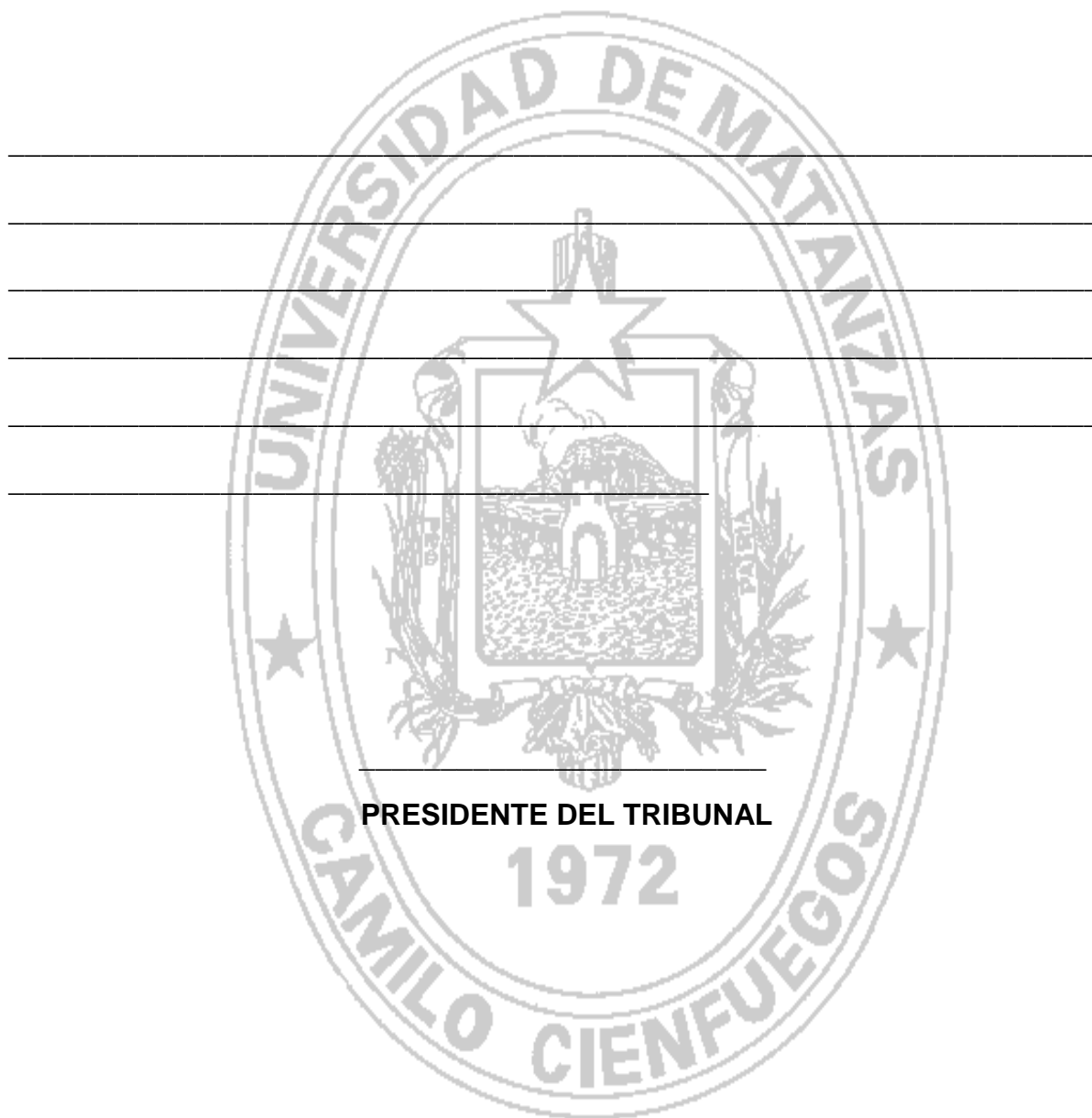
**Influencia de la altura de los emisores en la uniformidad del riego  
en la agricultura urbana.**

**AUTOR: Ing. Zemedhun Girma Hailu.**

**TUTOR: Dr. C. Rolando León Aguilar.**

**Matanzas, Octubre 2010**

**NOTA DE ACEPTACION**



\_\_\_\_\_  
**SECRETARIO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_  
**CIUDAD Y FECHA**

## **PENSAMIENTO**

"Satisfacer las necesidades de alimentos es nuestra razón de ser y lo podemos lograr en breve si nos incorporamos y aprendemos cómo producir lo que necesitamos".

Alfredo Jordán Morales

## DECLARACION DE AUTORIDAD

Hago constar que yo Zemedhun Girma Hailu, soy el único autor de la presente tesis de Maestría, por lo que autorizo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” y a la Facultad de Agronomía a hacer uso de la misma con la finalidad que estime pertinente.

---

Zemedhun Girma Hailu

## DEDICATORIA

- ❖ Muy especialmente a mi madre quien es mi fuente de inspiración, la cual ha tratado siempre de guiarme por el buen camino sin descansar ni un solo momento, explotando hasta sus últimos esfuerzos para ser yo hoy quien soy.
- ❖ A la memoria de mi padre quien en vida me alentó y me guió por el camino correcto.
- ❖ A mis hermanas y hermanos.

## AGRADECIMIENTOS

- ❖ A la Revolución Cubana y específicamente a nuestro comandante en Jefe Fidel Castro Ruz por haber dado esta valiosa oportunidad.
- ❖ A mis familiares por todo el apoyo que siempre me han brindado, por su cariño, por el sacrificio que han hecho por lograr ver realizados mis sueños, les doy y les daré siempre las gracias.
- ❖ Al Dr. C Rolando León Aguilar mi tutor quien por sus conocimientos, dedicación y ayuda incondicional desde el primer momento me ha guiado en la realización del presente trabajo, por todo esto quiero darle mis sinceros agradecimientos.
- ❖ Al profesor, padre y amigo Dr. C Harold García Castro por brindarme su ayuda y oportunidad de superarme en el orden profesional.
- ❖ Al profesor y amigo Ing. Roberto Domech Valera por brindarme su amistad, su conocimiento y ayuda incondicional para realizar este trabajo.
- ❖ A la compañera, amiga y hermana Lic. Mabelkys Terry Rosabal por su animación y ayuda moral en transcurso de esta maestría.
- ❖ A todos mis compañeros que durante el transcurso de estos años me han brindado su amistad, confianza y ayuda en los momentos más difíciles, en especial a Bereket Birhanu, a Selamawit Tefera, a la Dra. Haymamot Yeyesuswork, a la Dra. Lucela Cheque.
- ❖ A la Embajada de la República Federal Democrática de Etiopía en Cuba.
- ❖ A todos los profesores de la Facultad que han contribuido a mi formación profesional, especialmente al profesor Dr. C Rolando Hernández Prieto, Dr. C Sergio L. Rodríguez Jiménez, Dr. C Leonel Marrero Artabe, Dr. C Gerardo González Oramas, Dra. C Sonia Jardines González, Dr. C Ramón Liriano González
- ❖ A todos los trabajadores del área del organopónico de la Universidad de Matanzas.
- ❖ A todos aquellos personas que de una forma u otra han influido en la realización de este trabajo.

A todos muchas gracias

## **OPINION DEL TUTOR**

El trabajo de investigación “Influencia de la altura de los emisores en la uniformidad del riego en la agricultura urbana”, desarrollado por el maestrante Zemedhun Girma Hailu, se encuentra enmarcado en la línea de investigación de gestión eficiente de los recursos hídricos que desarrolla el Departamento de Agricultura, convirtiéndose en una herramienta de extraordinario valor científico técnico para especialistas y productores en el campo de la agricultura urbana responsabilizados con el diseño, montaje y explotación de los sistemas de riego en esta modalidad de producción.

En la investigación se evalúan importantes indicadores técnicos explotativos, cuyos resultados nos permiten evaluar el comportamiento de varios parámetros hidráulicos de estos sistemas de riego que conllevarían a un aumento de la uniformidad y con ello al aumento de la eficiencia del riego, con el consecuente ahorro de recursos entre ellos agua, energía y salario entre otros.

El trabajo se corresponde con el objetivo propuesto, estudiándose variantes que permiten determinar la altura óptima de los emisores de riego para hacer un uso más eficiente del agua, en condiciones de organopónicos.

El maestrante mostró, durante todo el desarrollo de la tesis mucha disciplina y abnegación, cumpliendo de forma satisfactoria con todas las tareas indicadas. Desarrolló el experimento bajo condiciones de producción exigiéndole un gran esfuerzo para llevar a término el mismo.

Fue muy responsable en el desarrollo de la investigación, en la búsqueda de la información requerida, en el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados, utilizando métodos novedosos en el desarrollo de cada una de las tareas planteadas. Ha mostrado mucha independencia y creatividad aportando criterios valiosos para lograr la optimización de los sistemas de riego en condiciones de organopónicos.

Tutor: Dr. C. Rolando León Aguilar.



## RESUMEN

En el organopónico de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” se llevó a cabo una investigación con el fin de evaluar la influencia de la altura de los emisores en la óptima distribución del agua de riego y la respuesta productiva de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa, L*) y zanahoria (*Daucus carota L.*), se utilizó un sistema de riego localizado con emisores microjet del tipo r-1-140, determinándose el coeficiente de uniformidad, lámina media recibida, contenido de humedad en el suelo y componentes del rendimiento de los cultivos. Como resultado se obtuvo que cuando los emisores son colocados a una altura de cinco centímetros sobre el nivel del suelo y los laterales soterrados, se obtienen las mejores laminas medias, al igual que la respuesta productiva de los cultivos, con un rendimiento que superó los 2,8 kg/m<sup>2</sup> en el cultivo de la lechuga, una rentabilidad del 72,59 % y un costo por peso de producción de \$0,58 y en el caso del cultivo de la zanahoria el rendimiento obtenido fue 5,50 kg/m<sup>2</sup>, con una rentabilidad del 79 % y el costo por peso de producción de \$0,56. Por lo que se concluye, que para efectuar el riego en los cultivos antes mencionados se pueden colocar los emisores a cinco centímetros sobre el nivel del suelo, con los laterales soterrados, y se recomienda efectuar nuevos estudios incluyendo otros cultivos en las evaluaciones bajo las mismas condiciones.

## INDICE

<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
<b>3. HIPOTESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>5. APORTE CIENTIFICO, TEORICO Y PRACTICO DE LOS RESULTADOS DE LA TESIS .....</b>	<b>5</b>
<b>6. REVISION BIBLIOGRAFICA. ....</b>	<b>6</b>
6.1. La agricultura en el mundo.....	6
6.2.La agricultura en Cuba.....	6
6.3. Agricultura Urbana.....	9
6.4. El cultivo de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> , L).....	14
6.5. El cultivo de la Zanahoria ( <i>Dacus Crrota</i> , L) .....	19
6.6. El recurso agua y la agricultura urbana.....	26
6.7. Necesidad de agua.....	28
6.8. Métodos para determinar la necesidad de agua de los cultivos.....	29
6.9. Métodos de riego empleados en la agricultura urbana.....	31
6.10. Sistema de riego localizado.....	32
6.11. La uniformidad de distribución.....	37
<b>7. MATERIALES Y METODOS. ....</b>	<b>39</b>
<b>8. ANALISIS DE LOS RESULTADOS. ....</b>	<b>49</b>
<b>9. EVALUACION ECONOMICA.....</b>	<b>63</b>
<b>10. CONCLUSIONES. ....</b>	<b>65</b>
<b>11. RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>66</b>
<b>12. BIBLIOGRAFIA.....</b>	
<b>13. ANEXOS.....</b>	

## **1. INTRODUCCION**

Según el Grupo Nacional de Agricultura Urbana (GNAU) (2009) durante muchos años la producción de hortalizas para el consumo fresco en Cuba, se llevó a cabo bajo la dirección de las grandes empresas estatales, basada en los principios de la “revolución verde”. Con la caída del campo socialista y la pérdida del 85% de las exportaciones, comenzaron a escasear los alimentos y resultó indispensable desarrollar producciones que pudieran contribuir al mantenimiento de la salud del pueblo. A partir de 1994 comenzó a desarrollarse en gran escala la producción de hortalizas mediante un movimiento popular incorporando grandes masas de pueblo.

Dentro de las formas de producción se encuentran los organopónicos, los huertos intensivos, los patios y parcelas y los organopónicos semiprotegidos, Estas unidades cuentan en su gran mayoría con módulos de media hectárea de riego por microjet, con la salvedad de los huertos intensivos que cuentan con riego por aspersión en un alto porcentaje. Una aplicación eficiente del agua, equivale a un manejo óptimo del riego, lo que permite la obtención de rendimientos elevados y una disminución en el consumo de este preciado líquido utilizado por la población (Venegas, 2009)

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2008) planteó que la población mundial, en los últimos 20 años ha crecido a un ritmo promedio anual entre 93 y 100 millones de personas, por lo que exige esfuerzos a fin de dar una justa respuesta alimentaria para todos sin exclusión, porque el grave problema del hambre que afecta a más de 800 millones de terrícolas se concentra en esa franja de los llamados “suavemente subdesarrollados” donde se concentra el 95 % del crecimiento de la población y que son precisamente los que cuentan con menores posibilidades de financiamiento para enfrentar ese desafío y mucho más, si se sabe que los esfuerzos del desarrollo económico basado en los patrones de vida actuales conducen al agotamiento incesante de los bienes naturales y al deterioro del medio ambiente.

La escasez cada vez mayor del recurso hídrico en muchas regiones del planeta obliga a reducir las cantidades de agua aplicada en la agricultura, lo cual justifica el uso de métodos de aplicación localizada del líquido. Según Mosca, Testezlaf y Pereira (2005), el humedecer solamente la zona radical satisface las necesidades

hídricas con una mayor eficiencia, por lo que es una solución para zonas con baja disponibilidad de agua.

También el aumento de la conciencia colectiva de la importancia del agua como vehículo del desarrollo de todas las actividades económicas y sociales, junto con la creciente demanda de este recurso para el resto de las actividades de la sociedad y unas exigencias mayores de la calidad medio ambiental por parte de los ciudadanos, hace que el riego sea señalado como una de las principales causas del uso irracional de este recurso. Esta importancia tanto económica como social, obliga a hacer todos los esfuerzos necesarios en la agricultura en aras de mejorar la eficiencia en el uso del agua del riego y de esta manera, dar respuesta a planteamientos más globales de los recursos hídricos y a la creciente demanda de agua para finalidades no agrícolas (UNESCO, 2009).

Según MINAGRI (2002) en los últimos años se ha desarrollado con fuerza un movimiento que recibe el nombre de Agricultura Urbana, aunque esta se conoce desde tiempos inmemorables, los resultados alcanzados en los últimos años la sitúan en un peldaño significativo. También Pizarro (2006) plantea que en este sistema de producción el riego es imprescindible, siendo el método más utilizado el localizado donde el agua se aplica con intensidad reducida y con alta frecuencia, con lo que el contenido de agua en el suelo se mantiene en niveles casi constantes, evitando así las grandes fluctuaciones de humedad del suelo que suelen producirse con otros métodos de riego.

Labrada (2008) señala que hoy en día varios países del mundo están empeñados en mejorar la eficiencia del riego ahorrando así el agua y protegiendo la tierra, porque cada gota de agua cuenta en un país donde los problemas de la agricultura y los largos periodos de sequía crecen. Desde hace ya algunos años se hace cada vez más difícil sostener los cultivos a través de riegos por inundación o dependiendo de las lluvias, por lo que la opción ha sido una irrigación con pequeñas cantidades de agua y alta frecuencia. Estas técnicas son conocidas como sistemas de riego localizados y además permiten la posibilidad de fertilizar los cultivos a través de estos sistemas.

## **2. PROBLEMA**

- ¿Cuál es la altura idónea de los emisores de riego en condiciones de organopónico para lograr la óptima uniformidad del agua en estos sistemas de riego?

## **3. HIPOTESIS**

- Si se logra la altura adecuada de los emisores de riego se puede obtener una mejor distribución del agua y con ello una adecuada uniformidad en estos sistemas de riego incrementándose los rendimientos de los cultivos

#### 4. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de la altura de los emisores en la uniformidad del riego en los sistemas empleados en la agricultura urbana y su relación con la respuesta productiva de los cultivos de la lechuga (*Lactuca sativa*, L) y la zanahoria (*Daucus carota* L).

#### 4.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Comprobar cómo influye la altura de los emisores en la uniformidad del riego en los cultivos de la lechuga (*Lactuca sativa*, L) y la zanahoria (*Daucus carota* L).en condiciones de organopónico.
2. Evaluar el efecto de la altura de los emisores, en el comportamiento de las láminas medias de agua en los cultivos de la lechuga (*Lactuca sativa*, L) y la zanahoria (*Daucus carota* L).en condiciones de organopónico.
3. Determinar la influencia de la altura de los emisores de riego en el comportamiento del contenido de humedad en el suelo, que permita optimizar los volúmenes de agua a emplear en estos sistemas de riego.
4. Valorar la importancia de la altura de los emisores de riego en la respuesta productiva de los cultivos de la lechuga (*Lactuca sativa*, L) y la zanahoria (*Daucus carota* L).

## **5. APORTE CIENTIFICO, TEORICO Y PRACTICO DE LOS RESULTADOS DE LA TESIS**

El aporte científico fundamental de este trabajo está en la utilización de la Investigación acción participativa como un importante método actual para el desarrollo de las experiencias de los organopónicos en el proceso productivo. En el trabajo se estudia una temática novedosa y de gran actualidad como es la identificación de la altura idónea de los emisores de riego como parte importante dentro de un sistema de riego localizado para la búsqueda de la máxima eficiencia del agua en estos sistemas productivos.

Desde el punto de vista teórico aporta herramientas de trabajo para la optimización y el manejo del riego que pueden ser aplicadas en otras condiciones productivas dentro de la agricultura urbana.

Desde el punto de vista práctico la implementación del sistema de riego localizado con una altura adecuada de los emisores aporta beneficios potenciales en todas las áreas de producción. En el aspecto productivo, económico y ambiental, favorece la reducción de los costos, el ahorro de recursos y aumenta la eficacia de los procesos productivos, entre otros.

En el aspecto social aporta beneficios a los trabajadores vinculados a estos sistemas productivos dado el incremento que se logra en los rendimientos y con ello una mayor ganancia, así como una disminución de los costos fundamentalmente al lograrse un uso más eficiente del agua.

## **6. REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **6.1. La agricultura en el mundo.**

Según Figueredo y colaboradores (2004) la agricultura se clasifica como una industria extractiva de recursos renovables, son productos obtenidos por la explotación de la tierra a través de la metamorfosis provocada por el hombre que le permite repetir la producción tantas veces como desee, teniendo en cuenta la tecnología y las condiciones ambientales que la rodean, es un sector clave para la economía, ya que proporciona materias primas, genera empleos, y mejora la distribución del ingreso a través de la producción de alimentos. En los recientes informes de La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2010), se plantea que debemos tener presente que pese al avance alcanzado por el hombre aún existen enormes problemas respecto a la alimentación: el problema de nutrición está lejos aún de estar resuelto, ni siquiera en vías de solución.

La Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales [ACTAF] (2008) plantea que la producción agrícola de alimentos crece, aunque a un ritmo menor que en las décadas anteriores, dado que gran parte de la población mundial padece de hambre. Este flagelo se agrava a causa del crecimiento exponencial de la población y la galopante contaminación del medio ambiente. Todos estos problemas biológicos suscitan serias inquietudes éticas y la conciencia de que estamos ante una situación moral insostenible.

### **6.2. La Agricultura en Cuba.**

Según Funes (2008), Cuba es un pequeño país formado por un archipiélago a la entrada del Golfo de México que presenta condiciones de suelo y clima adecuadas para la agricultura. No obstante los patrones de lluvias, frecuentes ciclones y épocas de intensas sequías, a veces influyen negativamente.

Valdés (2003) plantea que el monocultivo era uno de los principales males del campo cubano antes de 1959, solo el cultivo de la caña de azúcar y la ganadería, ocupaban alrededor del 75 % del área agrícola disponible y poco más del 1 % de los propietarios de fincas poseían más del 50 % de las tierras. El latifundio predominaba y sus desastrosas consecuencias eran evidentes.



Al triunfar la Revolución Cubana en 1959 se encuentra con una economía agrícola deformada, impactos negativos sobre el suelo y la biodiversidad, deforestación gradual y baja autosuficiencia alimentaria (Funes, 2006).

Se dictan dos leyes de reforma agraria (1959 y 1963), 200 mil familias campesinas fueron beneficiadas y se iniciaron esfuerzos en desarrollar la educación, la cultura, la salud, la economía, las comunidades rurales, las carreteras, la electrificación, las universidades y los centros científicos. No obstante, el desarrollo agropecuario se planeó sobre la base de la “revolución verde” imperante en esa época. Según el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente [CITMA] (1997), al inicio se obtuvieron éxitos productivos, pero en un lapso de tres décadas, como en otros países, mostró serias implicaciones medioambientales, como fueron: pérdida de la biodiversidad, degradación de los suelos, deforestación y contaminación de las aguas. Además ocasionó problemas de dependencia económica y éxodo de parte de la población rural a las ciudades. No obstante, el sistema social del país, impidió la extrema pobreza del campesinado y poblaciones suburbanas que se observa en otros países.

Cuba, a pesar de todos los problemas citados, en los años 80 había alcanzado niveles aceptables de consumo, desarrollo y calidad de vida. Al final de esa década e inicio de los 90 se vio inmersa en difíciles condiciones económicas, dado fundamentalmente por el colapso del campo socialista del Este europeo y la desaparición de la Unión Soviética URSS, con los cuales mantenía en más del 85 % su intercambio económico, dado entre otros aspectos por el bloqueo económico de Estados Unidos. Esta grave situación demostró la vulnerabilidad del modelo agrícola tipo “revolución verde”, por lo que fue necesario implementar cambios de todo tipo, entre ellos en el sector agropecuario, transformando gradualmente esa agricultura a una de bajos insumos y basada en principios ecológicos. A ese período de limitaciones económicas, con un programa de austeridad y medidas normalmente limitadas a tiempos de guerra, se le llamó “período especial”.

Teniendo estos antecedentes, a partir de 1994 comenzó a desarrollarse en gran escala la producción de hortalizas mediante un movimiento de popularización donde se incorporaron grandes masas del pueblo a producir alimentos en cada metro cuadrado de las ciudades, pueblos y asentamientos poblacionales utilizando al máximo los recursos territoriales, con principios de agricultura sostenible. Con esto

se logró reducir la cadena a dos eslabones fundamentales: productor-consumidor, minimizándose las pérdidas. Esta forma de producir se conoce como agricultura urbana que se define como la producción de alimentos dentro del perímetro urbano y periurbano aplicando métodos intensivos, teniendo en cuenta la relación hombre-cultivo-animal-medio ambiente( Cabannes,2007).

- **Cuba y la agricultura sostenible.**

Ríos y Ponce (2001) plantean que a finales de la década de los 70 se debatió en el país cómo hacer más eficiente la agricultura cubana y el estado orientó a los centros de investigación reorientar sus líneas de trabajo hacia sistemas de bajos insumos y la sustitución de importaciones. Por otra parte, desde 1976 aparece en la constitución del país que el estado cubano protege el medio ambiente y los recursos naturales y reconoce su vínculo con el desarrollo económico social sostenible.

Los campesinos, tanto privados como en cooperativas, nucleados en la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP) en buena medida conservaron tradiciones de sus antepasados y continuaron aplicando una producción agrícola y ganadera sostenible, más diversificada y de bajos insumos, mientras en el sector estatal se aplicaba mucho más la agricultura de altos insumos (mecanización, agrotóxicos, fertilizantes químicos, ganadería intensiva-industrial), por tanto, cuando llega el período de limitaciones económicas, existía una base de conocimientos para enfrentarlo (Pagés, 2006).

Treto, García, Martínez y Febles (2002) plantean que el gobierno cubano puso en práctica medidas económicas y cambios emergentes en política financiera y la apertura a la inversión extranjera. Los resultados científico técnicos obtenidos en décadas anteriores en el sector agropecuario se comenzaron a emplear masivamente, así como la descentralización de estructuras estatales, distribución de tierras, reducción de especialización, controles biológicos y biofertilizantes, tracción animal, agricultura urbana, familiar y comunal, apertura del mercado agropecuario de oferta y demanda, un paso clave: la creación, en 1995 del Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

Por otra parte, se desarrolló un movimiento de agricultura orgánica por distintos Organizaciones No Gubernamentales (ONG) e instituciones estatales en apoyo a los cambios, destacándose la activa labor de promoción y divulgación a través de todo

el país. Todo esto trajo como consecuencia una mayor preocupación por el medio ambiente, orientación hacia la autosuficiencia y disminución de la producción para la exportación, lo que conllevó un cambio de paradigma de la agricultura, transformándola paulatinamente hacia una sostenible, de bajos insumos, más independiente y que emplea técnicas ecológicas de producción (Funes, 2009).

### **6.3. Agricultura Urbana.**

El crecimiento de la pobreza urbana, la inseguridad alimentaria y la desnutrición, y un cambio en la concentración poblacional de las zonas rurales a las urbanas serán los factores acompañantes de la urbanización (Garret, 2005). En la década del 90, la urbanización en el mundo superó el 50 % de la población (Ellis and Sumberg, 2006).

Gobiernos de múltiples ciudades alrededor del mundo han incorporado dentro de sus propuestas la implementación de proyectos de agricultura urbana como alternativas reales para combatir la pobreza; entendida como la privación de las capacidades básicas y no tan solo como la carencia de ingresos, encontrando en estas iniciativas importantes aportes para la consolidación de cultura ciudadana y la reconstrucción del tejido social gracias a la generación de acciones que garantizan el autoabastecimiento de los colectivos y reducen el asistencialismo (Echeverry, 2006).

- **¿Qué es la agricultura urbana y periurbana?**

Llamamos agricultura urbana al cultivo y cría de animales en las ciudades, en manos de productores que están dentro o en la periferia de las ciudades; utilizando recursos disponibles en lo inmediato como son; mano de obra, espacios, agua y desechos sólidos orgánicos y químicos, así como servicios, con el fin de generar productos de autoconsumo y también destinados a la producción de alimentos para el autoconsumo y venta en el mercado.

El objetivo de la agricultura urbana es obtener alimentos en la mayor cantidad posible al menor costo y con mucha diversidad, frescos y sanos, en áreas disponibles anteriormente improductivas como son lotes baldíos, camellones, predios abandonados, patios, techos, jardines. Esta producción se basa en prácticas orgánicas, que no contaminan el ambiente, en el uso racional de los recursos de

cada territorio, y en una comercialización directa con el consumidor (Cabannes, 2007).

La expresión **agricultura "periurbana"**, tal como se utiliza, se refiere a unidades agrícolas cercanas a una ciudad que explotan intensivamente granjas comerciales o semicomerciales para cultivar hortalizas y otros productos hortícolas, criar pollos y otros animales y producir leche y huevos (FAO, 2006).

La agricultura urbana parece mejorar también la seguridad alimentaria en épocas de crisis y de grave escasez (Crovetto, 2008), y desempeña una importante función en el suministro de alimentos en situaciones de urgencias.

La agricultura urbana en su generalidad se basa fundamentalmente en un conjunto de actividades propias de la agricultura orgánica, sobresaliendo en este aspecto los organopónicos y huertos intensivos, teniendo el mérito además de haber demostrado que por medios orgánicos se pueden lograr altos rendimientos comparables con los obtenidos por cualquier otra modalidad productiva incluyendo las llamadas "tecnologías de punta", con la ventaja de ser más sanos para el ambiente y la salud.

La gran diversidad de especies utilizadas en la horticultura permite obtener productos, empleo e ingresos durante todo el año. Los cultivadores se han percatado de que es posible practicar la horticultura intensiva en pequeñas parcelas, si se hace un uso eficiente de los recursos limitados de agua y tierra. Se pueden obtener hasta 30 kg de productos frescos por metro cuadrado al año, según la tecnología aplicada (FAO: AG21, 2006).

La proliferación de agricultores urbanos también ha sido sumamente importante para el suministro alimentario (Murphy, 2004). Las primeras reducciones de alimentos y el consiguiente aumento de los precios convirtieron de repente a la agricultura urbana en una actividad altamente provechosa para los cubanos. El Grupo Nacional de Agricultura Urbana [GNAU] (2003) plantea que la producción de hortalizas y condimentos frescos, fue la primera actividad realizada por la agricultura urbana, por tanto la más desarrollada.

Ponce (2009) plantea que el desarrollo rural implica mejorar las condiciones de bienestar de la población que vive en el medio rural, pero también de la que vive en el medio urbano. Una forma de incidir en el nivel vida de las ciudades es a través de

la agricultura urbana con prácticas productivas y principios de sustentabilidad, considerando que el ser humano es parte de la naturaleza.

### **Agricultura urbana en Cuba.**

Según Rodríguez (2008) a principios del siglo XXI, el sector agroalimentario cubano se encuentra ante una gran disyuntiva, debe producir para dar alimento a más de 11 millones de habitantes, sin embargo, en el cumplimiento de esa misión enfrenta no pocas dificultades: sólo el 59 % del fondo agrícola está cultivado; dentro del fondo cultivable se dedica una importante área para la exportación; además, en ese fondo predomina un alto índice de suelos degradados por el mal uso y la no rotación de cultivos, entre otras causas. El sector se encuentra asimismo enfrascado en la implementación de un conjunto de transformaciones, cuya base es la entrega de la tierra en usufructo gratuito e indefinido, lo que conlleva un lento y complejo proceso de ajuste y adecuación. Finalmente, todo este proceso se desarrolla enmarcado en restricciones económicas y financieras que limitan la capacidad de compra en el exterior, tanto de alimentos como de insumos para su producción.

Dentro de la búsqueda de fórmulas nacionales para aumentar la oferta de alimentos y disminuir los efectos ambientales provocados por el paradigma productivo de la “revolución verde”, se desarrolla el movimiento de la agricultura urbana, basado en la producción de alimentos sobre principios orgánicos.

La agricultura urbana en Cuba se define como la producción de alimentos dentro del perímetro urbano y periurbano aplicando métodos intensivos, teniendo en cuenta la interrelación hombre-cultivo-animal-medio ambiente y las facilidades de la infraestructura urbanística que propician la estabilidad de la fuerza de trabajo y la producción diversificada de cultivos y animales durante todo el año, basadas en prácticas sostenibles que permiten el reciclaje de los desechos (Liriano, 2004).

La agricultura urbana en Cuba, como un programa organizado, tiene sus antecedentes en el desarrollo de los “organopónicos” dedicados a hortalizas, en la ciudad de La Habana a partir de 1987 y a raíces y tubérculos en Villa Clara, ambas tecnologías dentro del Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias. Es a partir de 1994 que se organiza, dentro del Ministerio de la Agricultura, un sistema intensivo de producción hortícola, creándose la Comisión Nacional de Organopónicos que devino en Grupo Nacional de Agricultura Urbana a partir de

1997, organizándose este eficiente sistema productivo en las 14 provincias y los 169 municipios (Rodríguez, 2002).

A inicios de los 90 surge un fuerte movimiento de agricultura urbana, a través del cual miles de familias producen alimentos mediante métodos orgánicos, ayudando de manera importante a la canasta familiar. Se desarrollan distintas modalidades como: organopónicos, huertos intensivos, parcelas y patios, fincas suburbanas, autoabastecimiento de empresas y organismos, cultivos domésticos y otros (Companioni, 1997); pero a su vez, Rodríguez (2002) plantea que una gran parte de los productos de la agricultura urbana en Cuba se destinan al consumo propio mientras que los excedentes se venden en el mercado local.

Según Lino (2010) actualmente más de 300 mil trabajadores cubanos prestan servicio en la agricultura urbana, un sistema de producción surgido hace 13 años cuando los organopónicos cumplieron su primera década, materializándose en el Programa Nacional de la Agricultura Urbana y Suburbana, que ya cuenta 10 subprogramas agrícolas, igual número de apoyo y siete pecuarios. También funcionan 10 493 unidades de organopónicos a cielo abierto, semiprotegidos y huertos intensivos que abarcan 9 473 hectáreas.

Según Companioni (2003) el desarrollo alcanzado por el programa de la agricultura urbana permitía que en mismo laboraran más de 326 000 trabajadores de ellos unas 71 000 mujeres; más de 70 000 jóvenes, así como alrededor de 37 000 jubilados, que han encontrado en su tercera edad una nueva vía para sentirse útiles y que benefician su salud. Este movimiento comenzó con la producción de hortalizas y año tras año se han ido sumando diferentes subprogramas, lo que en la actualidad hace un total de veintiocho.

Según Kolmans y Vásquez (2008), uno de los elementos claves dentro del modelo agrícola alternativo que actualmente se está implementando en Cuba es el desarrollo y aplicación de técnicas de manejo de plagas, que tienen como fundamento la reducción o eliminación del uso de los plaguicidas sintéticos. En los cultivos de caña de azúcar, cafeto, pastos, boniato y yuca no se aplican insecticidas sintéticos, en el cultivo de la col las aplicaciones son de baja a nulas y en los cultivos de cítricos, tabaco, plátano y banano son bajos.

En las últimas décadas, el desarrollo de la protección de plantas en Cuba ha pasado por cuatro etapas o fases decisivas, con una tendencia agroecológica (Rodríguez, 2007).

Se trabaja actualmente en el movimiento de la agricultura urbana y periurbana con principios de la agricultura orgánica sostenible, hoy se aplican soluciones tecnológicas de punta para las distintas producciones en forma de paquetes integrales, se reordenan las siembras, se usan semillas de alta calidad, se ha fortalecido el sistema de innovación y desarrollo agropecuario apoyado en un fuerte sistema extensionista que lidera la red de institutos y centros de investigación creados por la Revolución. Estos son pasos que se han dado, apremiados por las circunstancias y que deberán dar frutos en los años venideros (Pérez, 2008).

El Ministerio de Agricultura [MINAGRI] (2007) plantea que Cuba marcha hacia la transformación de su modelo agrícola, las medidas tomadas por ese ministerio tales como el inicio de un proceso de asimilación de resultados científico-técnicos para sistemas de bajos insumos obtenidos por los centros de investigaciones y la recuperación de prácticas campesinas exitosas olvidadas que pueden formar parte de sistemas orgánicos de producción así lo demuestran; sin embargo, aún se utilizan fundamentalmente con fines productivos y no con un enfoque orgánico y sostenible.

Cuba cuenta con condiciones favorables para demostrar las posibilidades de la agricultura orgánica en el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles. Entre otros pueden citarse:

- Suficiente personal calificado.
- Experiencia en el trabajo comunitario.
- Los medios de difusión que propician campañas masivas favorables.
- Resultados experimentales que se pueden adaptar al nuevo modelo.

No obstante, aún muchos trabajadores del sector ven esas transformaciones como una táctica coyuntural y no permanente. Por tanto, es preocupación de personas identificadas con la lucha a favor del medio ambiente, si dicha transformación continuará su marcha cuando las condiciones económicas cambien. (Rosa Orellana Gallego. 2003).

#### 6.4. El cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*, L).

Según Angulo (2008), la lechuga es la planta más importante del grupo de las hortalizas de hoja; se consume en ensaladas, es ampliamente conocida y se cultiva en casi todos los países del mundo. La lechuga presenta una gran diversidad dada principalmente por los diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de las plantas.

Durante los últimos años la producción de hortalizas ha experimentado un significativo progreso en cuanto a rendimiento y calidad, dentro de ello la superficie cultivada de lechuga ha ido incrementándose, debido en parte a la introducción de nuevos cultivares y el aumento de su consumo.

El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2 500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI (Infoagro, 2008).

- **Descripción botánica y ecología.**

La lechuga perteneciente a la familia *Compositae* y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa*, L. es una planta anual y autógama de la cual se cultivan cuatro variedades botánicas:

1. *Lactuca sativa*, L; variedad secalina, Alef. (lechuga de hojas). Forma solamente una roseta de hojas.
2. *Lactuca sativa*, L; variedad acephala, Alef. (lechuga de hojas). Es similar a la anterior, pero con la diferencia que las hojas apicales se tuercen hacia adentro, formando una especie de repollo muy suelto.
3. *Lactuca sativa*, L; variedad capitata, L. (lechuga de repollo). Forma un repollo de hojas más o menos compactas de acuerdo a las variedades.
4. *Lactuca sativa*, L; variedad romana, Lam. (lechuga romana). Se caracteriza por formar un repollo alargado, de hojas poco tiernas y nerviaciones gruesas.



- **Sistema radical.**

La raíz de este cultivo no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones. Las raíces laterales en las primeras fases de su desarrollo, crecen horizontalmente y se sitúan superficialmente en el suelo por ello las grandes exigencias a la humedad en estas fases.

En la evaluación de la influencia de la altura del emisor en la uniformidad del riego en organopónicos desarrollada por Rodríguez (2007), encontró una longitud de las raíces que oscilaron entre 7 cm y 9 cm.

- **Tallo.**

Es corto y no ramificado en la primera fase de su desarrollo. Después de formada la roseta de hojas y los repollos si las condiciones ecológicas le son favorables, el tallo se alarga y ramifica dando lugar finalmente a la inflorescencia.

- **Hojas.**

Son generalmente sésiles, algunas lisas y otras rugosas, de bordes rizados en algunos casos. Su color varía del verde claro hasta el morado de acuerdo a la variedad.

León (2006) cuando realizó un estudio de la sostenibilidad de los recursos hídricos para la producción de hortalizas y vegetales en condiciones de organopónicos, encontró un número de hojas que oscilaron entre las 12 y 18 hojas por plantas

- **Inflorescencia y flores.**

Es racimosa compuesta las flores son hermafrodita con pétalos amarillos, generalmente se autopolinizan, pero puede ocurrir la fecundación cruzada en no más de un 6 %.

- **Exigencias ecológicas.**

La temperatura óptima para el crecimiento de las hojas y formación de repollos está entre 16°C y 21°C y para el tallo floral y los órganos generativos alrededor de 20°C y 22°C. La lechuga está considerada como una planta de días largos para la floración, además es exigente a la intensidad de la luz. Es muy exigente a la humedad del suelo debido al desarrollo del sistema radical que está situado superficialmente y

tiene poca capacidad de absorción. Se ha demostrado que la humedad más adecuada para las plantas de lechuga es de 60 % a 70 % de la capacidad de campo (Pérez y Carballo, 1998).

- **Particularidades del cultivo.**

- **Método de cultivo.**

Existen dos posibilidades de instalación: la siembra directa o realizar almácigo para luego trasplantar.

a) **Siembra directa**, poniendo la semilla directamente en el cantero, distanciadas de 20 cm a 25 cm entre filas y entre plantas, teniendo la precaución de que como la semilla es muy pequeña, la profundidad de la siembra en el suelo no debe sobrepasar los 0,5cm para mejorar la emergencia lo que puede llevarse adelante es, en el lugar donde va la semilla, poner humus y taparla con este material, obteniéndose mejores resultados. Adicionalmente, por seguridad siempre es mejor sembrar de tres a cuatro semillas juntas y si emergen todas luego se ralean dejando una planta por lugar. Este método es más lento, y tiene una ocupación mayor del suelo, pues la primera fase de crecimiento se extiende entre 30 días a 40 días.

b) **Almácigo-trasplante**, en esta opción se producen las plantas en una almaciguera, siendo mejor en recipientes (macetas, bolsitas), que permitan obtener la plantita con terrón, para trasplantar. El almácigo se debe proteger de lluvias intensas que no lastimen las plantitas, y lo que se busca es que la lechuga realice su primera fase de crecimiento, es decir desde la germinación hasta que tenga cuatro hojas en ese recipiente. Una vez con cuatro hojas estará en condiciones de ser trasplantada al cantero definitivo, poniéndose de 20 cm a 25 cm de distancia entre filas y plantas.

- **Variedad Fomento 95.**

Es una variedad de lechuga de hojas sueltas, seleccionada en el municipio de Fomento. Sus hojas son de color verde claro, se puede cosechar de 22 a 27 días después del trasplante. El sustrato deberá estar libre de *Rhizoctonia*, ya que resulta atacada por ésta. Se puede sembrar durante todo el año. La distancia recomendada es de 10 cm entre surcos y 15 cm entre plantas. Aporta rendimientos entre 7 kg/m<sup>2</sup> a 8 kg/m<sup>2</sup> (GNAU, 2007).

- **Preparación del suelo.**

La producción de lechugas puede realizarse sobre una gran diversidad de suelos, siendo preferidos los livianos con buena capacidad de drenaje para la época de invierno y los más pesados arcillosos para el verano, abonos orgánicos, compost o humus, agregado e incorporado directamente en los canteros donde se va a plantar.

- **Riego.**

El agua es uno de los factores de crecimiento más importantes para la lechuga debido a que constituye el 95 % de su peso. Para un crecimiento continuo se debe proporcionar un contenido uniforme y alto de humedad en el suelo durante todo el ciclo. Durante el verano la frecuencia de riego debe ser diaria y en otoño invierno regar una vez por semana aproximadamente.

- **Malas Hierbas.**

Siempre que las malas hierbas estén presentes será necesaria su eliminación, pues este cultivo no admite competencia con ellas. Este control debe realizarse de manera integrada, procurando minimizar el impacto ambiental de las operaciones de escarda.

- **Plagas y enfermedades.**

Aunque esta planta se deriva de especies salvajes bastante rústicas, las lechugas cultivadas se han vuelto débiles y sensibles a numerosos parásitos. Entre las plagas más comunes encuentra el Gusano de la Col (*Ascia monutes eubotea*) y la Mantequilla (*prodenia sp*). Entre las enfermedades más comunes pueden citarse *Alternaria*, *Rhizoctonia Botrytis* y *Phytium*

- **Cosecha.**

La cosecha se realiza cuando las rosetas de hojas o los repollos presentan buen desarrollo y han alcanzado la madurez técnica, debiéndose eliminar las hojas amarillas. La alternativa clásica de cosecha, es sacar la planta entera cortándola a nivel del suelo y de esta forma el resto del tallo y raíces que quedan en el suelo se mueren.

En el estudio de la sostenibilidad de los recursos hídricos para la producción de hortalizas y vegetales en condiciones de organopónicos, desarrollado por León (2006), encontró que los rendimientos oscilaron entre los 1,96 kg/m<sup>2</sup> y 3,29 kg/m<sup>2</sup>.

- **Almacenamiento.**

Una temperatura de 0°C y una humedad relativa mayor del 95 % se requiere para optimizar la vida de almacenaje de la lechuga. El enfriamiento por vacío es generalmente utilizado para la lechuga tipo Iceberg, sin embargo el enfriamiento por aire forzado también puede ser usado exitosamente.

- **Valor nutricional.**

En la Tabla 1 se relaciona el valor nutricional de la lechuga aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores, es una hortaliza pobre en caloría.

Tabla 1. Valor nutricional de la lechuga.

Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia	
Carbohidratos (g)	20,1
Proteínas (g)	8,4
Grasas (g)	1,3
Calcio (g)	0,4
Fósforo (mg)	138,9
Vitamina C (mg)	125,7
Hierro (mg)	7,5
Niacina (mg)	1,3
Riboflavina (mg)	0,6
Tiamina (mg)	0,3
Vitamina A (U.I.)	1155
Calorías (cal)	18

Fuente: Infoagro (2003).

### 6.5 El Cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.)

Según Botánico (2010) la zanahoria es una especie originaria del centro asiático y del mediterráneo. Ha sido cultivada y consumida desde antiguo por griegos y romanos. Durante los primeros años de su cultivo, las raíces de la zanahoria eran de color violáceo. El cambio de éstas a su actual color naranja se debe a las selecciones ocurridas a mediados de 1700 en Holanda, que aportó una gran cantidad de caroteno, el pigmento causante del color y que han sido base del material vegetal actual.

## Morfología y taxonomía.

- **Familia:** *Umbelliferae* **Nombre científico:** *Daucus carota L.*
- **Planta:** bianual. Durante el primer año se forma una roseta de pocas hojas y la raíz. Después de un período de descanso, se presenta un tallo corto en el que se forman las flores durante la segunda estación de crecimiento.
- **Sistema radical:** raíz napiforme, de forma y color variables. Tiene función almacenadora, y también presenta numerosas raíces secundarias que sirven como órganos de absorción. Al realizar un corte transversal se distinguen dos zonas bien definidas: una exterior, constituida principalmente por el floema secundario y otra exterior formada por el xilema y la médula. Las zanahorias más aceptadas son las que presentan gran proporción de corteza exterior, ya que el xilema es generalmente leñoso y sin sabor.
- **Flores:** de color blanco, con largas brácteas en su base, agrupadas en inflorescencias en umbela compuesta.
- **Fruto:** diaquenio soldado por su cara plana.
- **Semillas:** pequeñas de color verde oscuro y con dos caras asimétricas, una plana y otra convexa, provista en sus extremos de unos aguijones curvados. El peso de 1.000 semillas es de unos 0.70 g y su capacidad germinativa media de tres años.
- **Fisiología del crecimiento**

La zanahoria es una planta bianual que, en condiciones normales, durante el primer año de cultivo desarrolla primeramente una roseta de hojas y almacena posteriormente sus reservas en su propia raíz, hipertrofiándola. Estudios realizados a los procesos fisiológicos de la acumulación de azúcares en la zanahoria y su relación con otros parámetros del crecimiento, han concluido que las líneas varietales que acumulan mayor contenido en azúcares son las que poseen una madurez fisiológica más tardía, lo que les permite una mayor prolongación de la actividad fotosintética (botanical, 2010).

Durante el segundo año de cultivo emite el tallo floral, que se expansiona gracias a las reservas acumuladas en el primer año de cultivo. La zanahoria es una planta de días largos para la floración.

Se ha encontrado una cierta correlación entre el calibre de las semillas de zanahoria y su facultad germinativa, constatando que para calibres inferiores a 128.4 micras, la capacidad germinativa es prácticamente nula, aumentando ésta fuertemente con el incremento del calibre hasta un valor de 800 micras, a partir del cual las tasas de aumento de la capacidad germinativa son más lentas y, a partir de un calibre de 1.250 micras, puede decirse que los incrementos observados en la capacidad germinativa de las semillas son muy escasos.

Experiencias realizadas en este cultivo, han demostrado que una exposición de plantas de zanahorias durante quince días a una temperatura de 4-10°C produjo la subida prematura a flor del ciento por ciento de las plantas. Si la temperatura de crecimiento era de 15-21°C, sólo se producía la subida prematura a flor de un escaso porcentaje de las mismas y a 21-27°C no se observaba emisión alguna de tallos florales.

La subida a flor prematura es un accidente fisiológico que deprecia la calidad comercial de las zanahorias, puesto que con la floración se produce una rápida lignificación de los tejidos radiculares. Existen algunos *cultivares* más resistentes que otros a la floración prematura.

Un tratamiento posterior a la vernalización con temperaturas altas

(Temperatura del día de 32 °C, temperatura de la noche de 37 °C), puede disminuir en un 80-90 % la altura de los tallos florales.

Otros factores, como las siembras tardías y las plantaciones con altas densidades, disminuyen la incidencia de la subida a flor prematura, lo que quiere decir que la respuesta a la vernalización está relacionada con una cierta “madurez” de la planta.

Según Diago (2010) el cultivo de la zanahoria ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años, tanto en superficie, como en producción, ya que se trata de una de las hortalizas más producidas en el mundo. Asia es el mayor productor seguida por Europa y E.E.U.U.

Tabla 2 Países productores de zanahoria más grandes del mundo

País	Hectáreas totales	Principal periodo de cosecha	Principal tipo
China	350000	Mayo – Diciembre	Kuroda
Rusia	100000	Junio – Noviembre	Nantes, Chantenay
Estados Unidos	45000	Todo el año	Emperador
Ucrania	39000	Junio – Noviembre	Nantes, Flakkee
Brasil	35000	Todo el año	Nantes
Polonia	31000	Junio – Noviembre	Nantes
México	30000	Todo el año	Nante
Centro América	25000	Todo el año	Berlicum, Chantenay
Indonesia	22000	Diciembre – Marzo	Kuroda
Japón	20000	Mayo - Diciembre	Kuroda
Mundial	1000000		

Fuente: Diago Alvarez (2010)

- **Variedades cultivadas:**

- Brasilia: esta variedad alcanza 41 a 48 cm de altura. Presenta una masa del follaje de 0,59kg y un rendimiento de las raíces de 1,96kg el diámetro del corazón es de 1,9cm y el de la raíz de 3,31cm
- Tropical CH-4: Su raíz es cónica, de color naranja clara. Alcanza una longitud de 9-15cm y un diámetro de 3,5- 4,6cm tiene muy buenas características para la industria, con buen sabor y calidad .El período de siembra va de septiembre a febrero, siendo óptimo el mes de octubre. En la siembra se recomienda utilizar 4 hileras en canteros de 1,6m a 0,30 x 0,06 – 0,08m El ciclo económico alcanza los 90 – 100 días, así como los rendimientos son de 1,8 a 30 t / ha.
- Tropical Nk -6: La raíz es cónica, alargada, de color naranja intenso. Alcanza una longitudes 14 a 21cm Y un diámetro de de 3,2 a 5,3cm.Tiene buen



sabor y calidad .Y calidad .El periodo de siembra va de septiembre a enero, siendo óptimo el mes de octubre. En la siembra se recomienda utilizar cuatro hileras en canteros de 1,6m a 0,30 x 0,06 – 0,08m el ciclo económico alcanza 90 – 100 días, así como los rendimientos son de 1,8 a 30 t/ ha.

### **Requerimientos edafoclimáticos**

- **Temperatura.**

Según Botanical (2010) el cultivo de la zanahoria es una planta bastante rústica, aunque tiene preferencia por los climas templados. Al tratarse de una planta bianual, durante el primer año es aprovechada por sus raíces y durante el segundo año, inducida por las bajas temperaturas, inicia las fases de floración y fructificación. La temperatura mínima de crecimiento está en torno a los 9°C y un óptimo en torno a 16-18°C. Soporta heladas ligeras; en reposo las raíces no se ven afectadas hasta -5°C lo que permite su conservación en el terreno. Las temperaturas elevadas (más de 28°C) provocan una aceleración en los procesos de envejecimiento de la raíz, pérdida de coloración, etc.

- **Suelo.**

Prefiere los suelos arcillo-calizos, aireados y frescos, ricos en materia orgánica bien descompuesta y en potasio, con pH comprendido entre 5,8 y 7. Los terrenos compactos y pesados originan raíces fibrosas, de menor peso, calibre y longitud, incrementándose además el riesgo de podredumbres. Los suelos pedregosos originan raíces deformes o bifurcadas y los suelos con excesivos residuos orgánicos dan lugar a raíces acorchadas.

La zanahoria es muy exigente en suelo, por tanto no conviene repetir el cultivo al menos en 4-5 años. Como cultivos precedentes habituales están los cereales, patata o girasol. Aunque los cereales pueden favorecer la enfermedad del picado; como cultivos precedentes indeseables otras umbelíferas como por ejemplo el apio. Son recomendables como cultivos precedentes el tomate, el puerro y la cebolla.

- **Variedad new kuroda**

La raíz es cilíndrica, alargada y terminada en punta roma. La piel es lisa, de color naranja intenso. Su ciclo es de 110 a 115 días y se puede sembrar entre septiembre y febrero. La distancia recomendada es de 15cm entre surcos y 10cm entre plantas. Aporta rendimientos entre 1,8 kg/m<sup>2</sup> a 2 kg/m<sup>2</sup> (GNAU, 2007).

- **Preparación del terreno.**

La preparación del terreno suele consistir en una labor profunda (subsulado o vertedera), seguida de una labor más superficial de gradeo o cultivador. El lecho de siembra se prepara con una labor de rotocultivador y un conformador adaptado dependiendo si el cultivo se realiza en llano, surcos o meseta. Normalmente suelen utilizarse mesetas de 1,5 m. y cuatro bandas de siembra.

- **Siembra.**

Se realiza prácticamente durante todo el año. La distancia de siembra es 15 x 20cm lo que hace suponer que si se quedan a distancias inferiores tendrá que procederse al aclareo de plantas. La semilla deberá quedar a una profundidad de unos 5mm. Normalmente la siembra se realiza con sembradora neumática y semilla desnuda o calibrada en bandas, a una dosis que oscila entre 1,8-2,3 millones de semillas por hectárea.

- **Riego.**

Es bastante exigente en riegos en cultivo de verano y especialmente cuando se realiza sobre suelos secos.

- **Malas yerbas.**

La zanahoria es una de las hortalizas más sensible a la competencia con las plantas indeseables, por lo tanto la protección durante las primeras fases es fundamental.

- **Plagas y Enfermedades.**

**Plagas.** Esta planta igual que la lechuga se ha vuelto endeble y sensible a numerosos parásitos. Entre las plagas más comunes encuentran la mosca de la zanahoria (*Psylla rosae*), nemátodos (*Heterodera carotae*, *Meloidogyne spp.*), pulgones (*Cavariella aegopodii*, *Aphis spp.*, *Myzus persicae*).

**Enfermedades.** Entre las enfermedades más comunes pueden citarse mildiu (*Plasmopara nivea*), quemadura de las hojas (*Alternaria dauci*), Podredumbre invernal. *Phytophthora megasperma*.

- **Recolección.**

La recolección se efectúa antes de que la raíz alcance su completo desarrollo (hasta 5cm de diámetro según sean destinadas para conserva, o para su consumo en fresco). El periodo entre siembra y recolección varía según las variedades, el uso final del producto y la época del año, siendo en general un intervalo de 3-7 meses.

- **Valor nutricional.**

Según Infoagro (2008) las cualidades nutritivas de las zanahorias son importantes, especialmente por su elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas.

**Tabla 3 Valor nutricional de la zanahoria en 100 g de sustancia comestible**

Valor nutricional de la zanahoria en 100 g de sustancia comestible	
Agua (g)	88.6
Carbohidratos (g)	10.1
Lípidos (g)	0.2
Calorías (cal)	40
Vitamina A (IU)	2.000-12.000 según variedades
Vitamina B1 (mg)	0.13
Vitamina B2 (mg)	0.06
Vitamina B6 (mg)	0.19
Vitamina E (mg)	0.45
Ácido nicotínico (mg)	0.64
Potasio (mg)	0.1

Fuente Infoagro (2008)

### 6.6. El recurso agua y la agricultura urbana.

El agua es un recurso esencial en término económico y social, su importancia es cada vez mayor, convirtiéndose en estos momentos en uno de los factores más críticos a escala mundial, Será por ello que en un futuro no muy lejano será el problema ambiental al que deberán enfrentarse millones de personas. Es por esto que su cuidado y preservación siempre estará latente (Alfonso y Feria, 2004).

Según FAO (2003) en la mayoría de las regiones, el problema no es la falta de agua dulce potable sino, más bien, la mala gestión y distribución de los recursos hídricos y los métodos y sistemas dispendiosos. La mayor parte del agua dulce, el 70 % se utiliza para la agricultura, mientras que una cantidad sustancial se pierde en el proceso de riego. La mayoría de los sistemas de riego funcionan de manera ineficiente, por lo que pierden aproximadamente el 60 % del agua que extraen, que se evapora o vuelve al cauce de los ríos o a los acuíferos subterráneos. Los métodos de riego ineficiente o dispendioso entrañan sus propios riesgos para la salud: el anegamiento de algunas zonas del Asia Meridional como consecuencia de la utilización excesiva del agua para riego, es el determinante fundamental de la

transmisión de la malaria, situación que se reitera en muchas otras partes del mundo.

El agua es muy necesaria para el desarrollo de la vida humana, una carencia de esta, puede ser para muchos países uno de los factores limitantes más severos para lograr un desarrollo sostenible y en algunos casos, podría inclusive ocasionar conflictos entre naciones. (UNESCO, 2000).

Cada año se evaporan 330 millones de hectómetros cúbicos de agua en los océanos, y cerca de 63 millones en los terrenos del planeta. Sin embargo, solamente 100 millones caen a la tierra en forma de precipitaciones, siendo el promedio anual de lluvia equivalente a 660 mm.

Para hacernos una idea de la dependencia del agua en la agricultura, se estima que aproximadamente el 80 % del agua dulce se consume en tareas agrícolas, fundamentalmente en el riego. La demanda de agua aumenta tres veces más rápido que el crecimiento de la población Sin embargo, en muchos países, la escasez del agua surge del uso ineficiente, la pérdida de agua disponible por estar demasiado contaminada. A mediados de este siglo el planeta habrá perdido 18 000 kilómetros cúbicos de agua dulce, una cantidad nueve veces mayor que la que se utiliza cada año para el riego, que a su vez representa el 70 % de las extracciones de agua (Matsuura, 2007).

Se espera que en un amplio número de países en desarrollo, el área de las tierras de regadío siga en aumento hasta el 2030, si los agricultores aplicasen técnicas avanzadas de aprovechamiento de las aguas para aumentar la eficiencia, se podría llegar a un 34 por ciento más de superficie de regadío utilizando sólo un 12 por ciento más de agua (Louise, 2000).

En cada Organopónico, el factor fundamental de la eficiencia del riego está en la maestría que puede tener el hombre en relacionar la necesidad de agua de los cultivos, según la fase de desarrollo en que se encuentren, con el potencial de fertilidad de un sustrato o suelo. Y, a su vez, la fertilidad está en fuerte dependencia del grado de humedad que mantenga el sustrato, por lo que se debe evitar al máximo posible el sobrehumedecimiento y el desecamiento (MINAGRI, 2000).

Es necesario tener en cuenta que el exceso de humedad provoca el desarrollo de algas sobre la superficie y la falta de oxígeno en el sistema radical. La escasez de humedad provoca el incremento de la concentración de las sales que pueden ser tóxicas en la mayoría de los cultivos. Conocer cómo, cuándo y cuánto regar, posibilita el suministro adecuado de agua a los cultivos y, por consiguiente, el incremento en el rendimiento y calidad de la producción.

- **¿Cómo regar?**

En este aspecto importa cuál es la técnica de riego con que dispone la unidad, ya sea manguera, regadera o variantes del sistema localizado (microjet, goteo, etc.), además hay que considerar la fuente de abasto, su ubicación y calidad de agua. Con todo este conocimiento, se podrá realizar una planificación en cuanto a los cultivos que se deben priorizar, inversiones necesarias, normas para regar cada cantero y necesidad de fuerza de trabajo.

- **¿Cuándo regar?**

El estado de desarrollo del cultivo representa un aspecto importante en el momento de entregar las cantidades de agua que las plantas necesitan. En este sentido, los máximos valores, por ejemplo en el caso del tomate, se han obtenido en la fase de floración-fructificación y menores en la fase de establecimiento y maduración-cosecha, lo cual se logra con el uso del pronóstico de riego.

- **Cuánto regar.**

Es indispensable conocer la cantidad de agua que se necesita diariamente, en la unidad de producción, con vista a evaluar si el abastecimiento disponible cubre o no la demanda diaria. La base de esto radica en el tipo de sustrato o suelo que predomina en el organopónico, el cultivo y sus exigencias en agua y más que esto el estado de desarrollo del cultivo (MINAGRI, 2000).

### **6.7. Necesidad de agua.**

La necesidad de agua de riego es la cantidad de agua que debe aportarse a un cultivo para asegurar que reciba la totalidad de sus necesidades hídricas o una fracción determinada de estas. Cuando el riego es la única aportación de agua de

que se dispone, la necesidad de agua de riego será al menos igual a las necesidades hídricas del cultivo, siendo mayor cuando existen pérdidas (escorrentía, percolación, falta de uniformidad en la distribución, etc.) y menor cuando la planta puede satisfacer sus necesidades hídricas a partir de otros recursos (lluvia, reservas de agua en el suelo, etc.) Por tanto, para poder planificar los riegos, tanto en lo que se refiere a la frecuencia como a la dosis, es necesario conocer las necesidades hídricas de los cultivos, es decir, la cantidad de agua que requieren para un desarrollo óptimo. Según la FAO (2005), esta agua se corresponde con "el nivel de evapotranspiración de un cultivo libre de enfermedades y creciendo en un terreno de superficie superior a 1ha en unas condiciones óptimas de suelo". Dichas necesidades se miden en mm/día y van a depender en cada momento de diversos factores: condiciones meteorológicas, características del suelo y del propio cultivo (especie, variedad, estado fenológico, adaptación al hábitat de cultivo)

#### **6.8. Métodos para determinar la necesidad de agua de los cultivos.**

Solano y et al (2003) en su trabajo zonificación de las reservas de humedad productiva del suelo plantean que uno de los aspectos fundamentales de la agricultura sostenible es hacer un uso eficiente del agua y para ello es necesario conocer el agua consumida por los cultivos. El método más conocido para calcular ese consumo es el balance hídrico del suelo y su importancia radica en que permite estimar diferentes aspectos de interés agrometeorológico: tales como la reserva de humedad del suelo, los déficits y los excesos hídricos y el agua evapotranspirada y también, el período de tiempo en que ocurren (UNESCO, 2000).

Cuando las necesidades hídricas de los cultivos no se pueden satisfacer por la acción combinada de las lluvias y las reservas de humedad del suelo, el agricultor acude a la práctica de riego para mantener en todo momento un contenido de humedad en el conjunto suelo-planta que permita a esta crecer y desarrollarse sin sufrir ninguna restricción por la acción del factor hídrico (Salazar, 2007).

Según Marcelo (2003) tanto para proyectar un regadío como para utilizar un sistema de riego, la toma de decisiones debe apoyarse en el conocimiento de:

- Las necesidades de agua que presentan los cultivos que han de regarse, teniendo en cuenta sus exigencias específicas, las prácticas culturales y los impactos sobre el medio ambiente.

- Las relaciones hídricas en el sistema suelo agua planta.
- Los parámetros que deben caracterizar la aplicación del agua de riego.
- La calidad del agua que se utiliza en el riego.
- El método de riego utilizado.

La planta cultivada es un eslabón en el continuo suelo-planta-atmósfera, en el que las necesidades hídricas vienen representadas por las pérdidas que se producen por evaporación en el suelo y sobre la planta, y por la transpiración de la planta. Lo que representa el consumo de agua por la planta, siendo de vital importancia el conocimiento por especies e incluso por variedades, lo cual será de vital importancia para el agricultor para poder hacer un uso eficiente del recurso hídrico disponible la combinación del fenómeno físico conocido como evaporación y el biológico, transpiración determinan un importante egreso que lo denominan evapotranspiración. Desde la antigüedad, se acuñó el término Evapotranspiración (Et) para expresar las necesidades de agua como suma de ambas pérdidas. (FAO, 2000)

También existen los conceptos de Evapotranspiración de referencia (Eto) y Evapotranspiración del cultivo (Etc). Los antecedentes sobre el tema los resume Monteith (1985), al referirse a los trabajos realizados por él en 1965, también desarrollados por Thorornhwaite y Penman (2000), y es a partir de estos que surge lo relacionado con la Evapotranspiración de referencia Eto.

A partir del concepto de la Eto se pasa al de la Evapotranspiración del cultivo. Las Etc se calculan a partir del valor de la Eto, y se utilizan los coeficientes de cultivo (Kc), mediante la expresión:

$$\text{Etc} = \text{Kc} \times \text{Eto}$$

Donde:

Etc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Kc: Coeficiente de cultivo.

Eto: Evapotranspiración de referencia (mm/día).



El valor de  $K_c$  depende del cultivo (especie e incluso variedad), de su ciclo vegetativo, y de su fenología, así como de las condiciones específicas del cultivo en la explotación (densidad de población, orientación de las líneas, etc.) y de las condiciones climáticas locales. Por tanto, este coeficiente varía a lo largo del ciclo de cultivo, creciendo desde los valores más bajos en el período inicial (siembra o trasplante) a lo largo de la fase de crecimiento vegetativo, alcanzando los valores más altos en el período de máximo desarrollo.

De esta forma las necesidades de agua para cada cultivo son las que corresponden a su  $E_{tr}$  y su determinación se puede hacer a partir de la Evapotranspiración de referencia en la zona y de los Coeficientes de cultivo

### **6.9. Métodos de riego empleados en la agricultura urbana.**

En la República de Cuba en la década de los años 60, los sistemas de riego superficiales eran muy precarios y se utilizaban técnicas rudimentarias sin control de caudales. La productividad del regador y las eficiencias eran muy bajas. A partir del año 1970, la introducción y el desarrollo vertiginoso del riego por aspersión y las máquinas de pivote central en particular junto con la aplicación del riego localizado, constituyeron un cambio tecnológico en los sistemas de del riego se emprendieron un conjunto de investigaciones en los refréidos sistemas, así como la asimilación de los conocimientos y prácticas más avanzadas para el perfeccionamiento de estos sistemas (Orellana, 2003).

El riego es imprescindible para lograr la seguridad alimentaría de la población cubana (Zamora y Chaterlán, 2003), considerando que esta actividad tiene un impacto inmenso sobre el medio ambiente. Cuba destina el 70 % de sus recursos hídricos disponibles al riego, por lo que establecer una estrategia adecuada en la explotación de este recurso garantizará su sostenibilidad.

El desarrollo del riego y el drenaje, prácticamente inexistente antes de 1959 ha tenido al igual que en otras esferas de la vida económica un desarrollo extraordinario, en el año 2000, más de 3 000 ha habían perdido su valor de uso, en el año 2002 aparecen signos de recuperación debido a la introducción de nuevos sistemas y desarrollo de áreas en campos estratégicos como la agricultura urbana a través de su sistema de desarrollo fundamentalmente en organopónicos y huertos intensivos (González y Méndez, 2004). Sobrepasando en esta fecha las 34 375 ha

con riego localizado, donde 3 500 ha corresponden a la agricultura urbana (MINAGRI, 2003).

## **6.10. Sistema de riego localizado.**

### **Panorámica del Riego Localizado.**

El riego localizado se utiliza por primera vez en el siglo XX en Inglaterra a finales de la década de los 40, y en Israel en la década de los 50. Comercialmente se desarrolla en la década de los 60, producto de los trabajos realizados por Israel y lo barato de las tuberías plásticas con respecto a las metálicas. (Vermeiren y Jobling, 2003). Según Fuentes (2003) el riego localizado se caracteriza por:

- No moja, en general, la totalidad del suelo, aplicando el agua sobre o bajo su superficie.
- Utiliza pequeños caudales a baja presión. Aplica el agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión.
- Al reducir el volumen de suelo mojado y, por tanto, su capacidad de almacenamiento de agua, se opera con la frecuencia necesaria para mantener un alto contenido de humedad en el suelo.
- Esta propuesta tecnológica permite aumentar la eficiencia del uso del agua, mejora su distribución y disminuye los costos de mano de obra Para su implementación se requiere construir un estanque impermeable, decantador, desarenador y ramales primarios y secundarios entubados en polietileno y enterrados.

Según Vermeiren y Jobling (2003) los sistemas de Riego localizados constituyen un cambio en la forma de aplicar el agua. Esta tecnología garantiza el suministro dirigido hacia las raíces de las plantas de cantidades pequeñas de agua mezclada con fertilizante, utilizando dispositivos específicos denominados dosificadores o goteros. En la actualidad la industria mundial ha desarrollado gran cantidad de tipos de emisores con características diferentes, unos más sofisticados que otros pero con un mismo fin, entregar el agua directamente a las raíces del cultivo.

Los sistemas de riegos localizados buscan mantener una condición de humedad del suelo lo más cercana al punto óptimo, es decir, la capacidad de campo (CC). Para estos riegos la frecuencia es fija variando el tiempo de riego dependiendo del

consumo de agua de la planta, dentro de este tipo de riego se enmarcan: los riegos por goteo, microjet, microaspersión, cinta de exudación (Maldonado, 2000).

Según León (2006) este sistema permite un ahorro del agua en el suelo respecto a otros sistemas, que dependerá entre otros aspectos: del tipo de cultivo, suelo, y de las condiciones climáticas, pero por lo general se fundamenta en su ahorro del agua.

Un sistema de riego localizado debe estar compuesto fundamentalmente por:

1. Estación de bombeo.
2. Sistema de filtrado.
3. Equipo de fertirrigación.
4. Red de distribución.
5. Emisores.
6. Equipos de control.
7. Sistemas de automatización.

Generalmente estos componentes los poseen los sistemas más sofisticados, ya que muchos de ellos pueden carecer de los componentes (3, 6 y 7). Los sistemas de riego localizado están constituidos por un conjunto de tuberías que llevan el agua desde la fuente de abasto hasta los emisores (Pizarro, 2006).

Los emisores son los que producen y controlan la salida del agua desde las tuberías laterales, humedeciendo una parte próxima al sistema radical de la planta. Los aspectos que definen un emisor son:

- La presión nominal. (es para la cual se ha diseñado y debe funcionar).
- Caudal nominal. (es el que suministra el emisor a la presión nominal, es la característica fundamental para la elección de un emisor).

El caudal que descarga un emisor está relacionado con la presión hidráulica que existe en su entrada y se determina mediante la expresión.

$$q = k \times hx$$

Donde:

q: Caudal del emisor (L/h).

h: Presión hidráulica (bar, kPa o m.c.a.).

k, x: Parámetros característicos de cada emisor. Según (Pizarro, 2006). la aplicación de agua en cada punto de forma precisa, implica que los emisores, además de aportar un caudal uniforme cumplan con otros requisitos básicos, tales como: poco sensibles a los cambios de temperatura, a las obturaciones, resistentes a los agentes químicos y ambientales. Por otra parte se requiere que la relación Caudal- Presión, se mantenga estable durante la vida útil del emisor.

Según el catalogo de Tecnologías para pequeños productores Agropecuarios (2003) En los sistemas de riego localizado existen dos aspectos que definen en gran medida la funcionalidad de estos: la uniformidad y la eficiencia. La función de una instalación de riego localizado está dada por la aplicación uniforme y con las mínimas pérdidas el agua necesaria para el desarrollo de los cultivos. El coeficiente de uniformidad (CU) indica con que uniformidad se aplica el agua de riego, este depende de: del diseño y manejo de la instalación, de la existencia o no de las obturaciones. El diseño del sistema influye sobre el coeficiente de uniformidad debido a las variaciones de fabricación existentes entre los diferentes emisores y por la diferencia de presión de cada uno de ellos.

La uniformidad dependerá en gran medida de la presión en la entrada de la embocadura, donde para lograr una buena uniformidad se hace necesario que todos los emisores sean iguales, que la presión en todos sea similar. La presión puede variar dentro del sistema entre otras razones producto de las pérdidas de carga y las diferencias de pendientes.

Para conocer el comportamiento de cada uno de estos elementos se hace necesario realizar las evaluaciones pertinentes, las cuales tienen como objetivo valorar si las características de diseño, mantenimiento y manejo son adecuadas.

Evaluaciones del sistema de riego localizado

Según Montero (2007) la evaluación de un sistema de riego localizado por microaspersión incluye los siguientes aspectos:

1. Adecuación del cabezal, para cubrir las necesidades de potencia y filtrado de la instalación.
2. Estudio del diseño de la red y de la uniformidad de aplicación de agua.
3. Determinación de la calidad de las tuberías y equipos instalados.
4. Evaluación del manejo de la instalación por el agricultor.

En las evaluaciones debe determinarse la uniformidad en la distribución del agua y analizar los criterios seguidos por el usuario para decidir la lámina de agua a aplicar en cada riego en función del tipo de cultivo, y de las necesidades hídricas de este en función de su etapa de desarrollo. La determinación de estos parámetros permitirá realizar un uso sostenible del agua de riego.

En la evaluación de los componentes de la instalación se tendrá en cuenta: unidades o sectores de riego, superficie de cada una de ellas, número de subunidades o subcampos de riego, plano del área, tipo de control del riego, laterales y emisores a muestrear.

Para realizar la evaluación de la uniformidad es necesario seleccionar: la unidad de riego más representativa, la unidad en las condiciones más difíciles. Una vez seleccionada la subunidad, se determina el coeficiente de uniformidad de la subunidad y posteriormente el de la unidad de riego.

En las subunidades de riego se seleccionan:

- Los laterales de muestreos.
- Las zonas de muestreos.
- Los emisores

Y se miden los volúmenes con los cuales se determina el coeficiente de uniformidad de acuerdo con las formulas establecidas al respecto.

Otro elemento cuya información es significativa para el óptimo funcionamiento del sistema lo constituye, la uniformidad de las presiones, cuyos valores se obtienen a partir de la medición de la presión en cada uno de los emisores a los cuales se les determinaron el gasto de aplicación (Rodrigo 2007).

## **Técnicas de Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF)**

En función del tipo de emisor utilizado y su colocación, se distinguen tres tipos de riegolocalizado:

1. Por goteo.
2. Por tuberías emisoras.
3. Por micro aspersión y micro difusión.

### **Riego por goteo.**

Es el sistema de riego localizado más popular, el agua circula a presión por la instalación hasta llegar a los goteros, en los que se pierde presión y velocidad, saliendo gota a gota, son utilizados normalmente en cultivos con marco de plantación amplio, cultivo en invernadero, y en algunos cultivos en línea (Medina 1997).

### **Riego por micro difusión y micro aspersión.**

Según Rodrigo (2007), en el riego por micro difusión y micro aspersión, el agua se aplica sobre la superficie del suelo en forma de lluvia muy fina, mojando una zona determinada que depende del alcance de cada emisor. Está indicado tanto para cultivos leñosos como para cultivos herbáceos de distinto marco de plantación. Se distinguen los emisores denominados micro difusores los cuales están constituidos por toberas fijas y micro aspersores a los constituidos por deflectores móviles. En ambos casos suelen trabajar a presiones entre 1 y 2 kg/cm<sup>2</sup> y suministran caudales de hasta 200 L/h.

### **Emisores.**

Los emisores son tal vez los elementos más importantes de las instalaciones de RLAF y desde luego, los más delicados. Toda la dificultad de su diseño constructivo reside en el siguiente problema: los emisores deben proporcionar un caudal bajo, con el objeto de que los diámetros de las tuberías, sobre todo laterales y terciarias, sean reducidos, las grandes longitudes de estas tuberías que se emplean en los RLAF hacen que un ligero incremento de su diámetro encarezca de forma importante la instalación. La mayoría de los emisores trabaja a una presión próxima a los 10 m.c.a; aunque los de alto caudal pueden hacerlo a 20 m.c.a y en el otro extremo, las cintas de exudación trabajan entre 1 y 3 m.c.a. los caudales varían

entre 2 y 16 L/h en los emisores de bajo caudal y en los de alto caudal pueden llegar hasta 150 L/h y en las cintas de exudación a menos de 0.5 L/h y metro lineal.

**Características fundamentales que deberán tenerse en cuenta al seleccionar un emisor:**

- a) Caudal uniforme y constante, poco sensible a las variaciones de presión este debe ser estable a lo largo del tiempo.
- b) Poca sensibilidad a las obturaciones.
- c) Elevada uniformidad de fabricación.
- d) Resistencia a la agresividad química y ambiental así como a las operaciones agrícolas.
- e) Bajo costo.
- f) Poca sensibilidad a los cambios de temperatura.
- g) Reducida pérdida de carga en el sistema de conducción.

**Eficiencia de aplicación.**

Para una correcta explotación del sistema es necesario, en lo posible, conocer las cantidades de agua aportadas por el riego. Todas las redes deben tener medidores de caudales y manómetros que permitan verificar rápidamente las cantidades de agua entregadas y la presión del sistema.

**Causas fundamentales de pérdidas de agua en este tipo de riego.**

- Falta de uniformidad en la distribución (por variación de presión, defectos de fabricación, etc.).
- Pérdidas de agua en la red (percolación profunda, evaporación, etc.).

**6.11. La uniformidad de distribución.**

Se refiere a la forma del patrón húmedo o sea trapezoidal, triangular, etcétera y su uniformidad. Los factores que influyen sobre la uniformidad son:

- La verticalidad del microaspersor.
- El ángulo del chorro del agua.
- La presión de trabajo.

- Reguladores y amortiguadores.
- Gasto (caudal) nominal.

En evaluación técnica explotativa de los sistemas de riego en organopónico desarrollada por Beltrán (2005), encontró coeficientes de uniformidades que oscilaron entre 93 % y 95 %. Evaluándolos de excelentes.

Adelnor (2003) recomienda evaluar la uniformidad de la instalación según los siguientes valores de CU como se observa en la Tabla 4.

**Tabla 4. Valoración del CU.**

Valores de CU (%)	Valoración
CU > 90	Excelente
80 < CU < 90	Bueno
70 < CU < 80	Aceptable
70 > CU	Inaceptable

Fuente: Adelnor (2003).

La producción de hortalizas y vegetales en condiciones de organopónicos, es un sistema de producción que ha alcanzado en Cuba importantes resultados y las perspectivas de desarrollo continúan siendo un lineamiento estratégico para el país, en este empeño el riego localizado constituye una alternativa utilizada de forma generalizada (Martínez y León, 2008).

#### **Causas de falta de uniformidad.**

- Diferencias en las características de fabricación de los emisores.
- Errores en el montaje de la red, que no cumplen las especificaciones de diseño.
- Diferencias de presión en la red.
- Cambios físicos en la red, que se producen durante su explotación.



## 7. MATERIALES Y METODOS

El trabajo experimental se desarrolló en el organopónico de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” (Anexo 1), entre los meses diciembre - enero 2008 / 2009 y febrero- Mayo 2009. El mismo está establecido sobre un suelo Ferralítico rojo (Instituto de Suelos, 1999), a una altura de 40 m sobre el nivel del mar, con un pH promedio neutro, la temperatura promedio es de 23,8 °C, humedad relativa promedio de 79 %, con un régimen pluviométrico de 1 300 mm anual y geográficamente se encuentra ubicado en las coordenadas 23°01'56"N y 81°30'32" O, las cuales se determinaron mediante el software de exploración geográfica Google Earth v5.0 (Anónimo, 2009).

Para desarrollar el experimento se utilizó un área de cuatro canteros de 25 metros de largo y un metro de ancho, empleándose un diseño de Cuadrado Latino (Anexo 2), estudiando cuatro tratamientos con cuatro réplicas, los cuales cuentan con un área de 6m<sup>2</sup> se aplicó 7,83 kg/m<sup>2</sup> de materia orgánica a cada uno.

### Los tratamientos estudiados son:

1. T1: Testigo, lateral sobre la superficie del suelo y los emisores con una altura de 10 cm
2. T2: Lateral soterrado a 10 cm y los emisores con una altura sobre el nivel del suelo de 5 cm
3. T3: Lateral soterrado a 10 cm y los emisores con una altura sobre el nivel del suelo de 10 cm
4. T4: Lateral soterrado a 10 cm y los emisores con una altura sobre el nivel del suelo de 15 cm

### Cultivos Empleados.

Se evaluó el resultado de una plantación de lechuga (*Lactuca sativa*, L), y la zanahoria (*Daucus carota* L.) de la variedad Fomento 95 y New Kuroda (Anexo 3), con un ciclo biológico de 35 días y 110 días con una densidad de plantación de 36 y 160 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente.

En el caso de la lechuga las semillas fueron sembradas en condiciones de semillero en la primera quincena de diciembre de 2008, sobre un cantero alto con una densidad de siembra aproximada de 1 g/m<sup>2</sup> a 1,5 g/m<sup>2</sup> (Guenkov, 1980), y posteriormente se realizó el trasplante a los canteros definitivos. En caso de la zanahoria se realizó la siembra directa en el mismo cantero a chorrillo para luego mediante raleo realizado cuando las plantas tenían de dos o tres hojas lograr una marco de plantación definitivo de 10 x 15 cm.

En la Tabla 5 se plasman los parámetros relacionados con la variedad, marco de plantación, fecha de trasplante y cosecha que se emplearon.

**Tabla 5. Datos de los Cultivos.**

Cultivo	Variedad	Marco de plantación	Fecha de trasplante o siembra	Fecha de cosecha
Lechuga	Fomento 95	0,20 m x 0,25 m	2008-12-24	2009-01-27
Zanahoria	New kuroda	0,10m x 0,15 m	2009- 02-02	2009- 05-22

### **Caracterización química del suelo en el área experimental**

Se realizó la caracterización química del suelo al comienzo de la plantación. Las muestras fueron tomadas en diferentes puntos dentro de las parcelas en estudio a la profundidad de 10 cm. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio provincial de suelos perteneciente a la delegación provincial de la Agricultura. Los parámetros evaluados para la caracterización del suelo fueron: PH; CE, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, N, K, Na, CaO, MgO, Cl, y MO.

Las muestras son analizadas por la técnica de mezclas organónicas, partiendo de una solución extractiva de una relación de 1.2 de material y agua destilada, el porcentaje de materia orgánica se determinó por el método de la incineración.

Se realizó la caracterización de la materia orgánica empleada en los tratamientos, determinándose los siguientes elementos: N, P, Na, Ca, Mg, Cl, %MO, y %HY.

### **Estudio de la calidad de agua utilizada para el riego en el organopónico de la Universidad.**

La calidad de agua es uno de los indicadores a tener en cuenta para prevenir problemas de contaminación ambiental. El término calidad del agua para el riego se utiliza con frecuencia para indicar el empleo o limitación de esta con este fin (MINAGRI.1986).

El organopónico de la Universidad utiliza agua de la red Acueducto, no obstante se realizó la evaluación de la calidad del agua que se emplea en el riego. Se realizaron muestreos cumpliendo con las normas establecidas por el MINAGRI, (2000) para evaluar la calidad del agua con este propósito. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio Provincial de Calidad del Agua perteneciente a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Matanzas.

Se determinan los parámetros Físicos, químicos y bacteriologos

PH y CE.

Cationes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ).

Aniones ( $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{CO}_3^{2-}$ ;  $\text{HCO}_3^-$ )

La determinación de los parámetros evaluados se realizó según los métodos y técnicas reportados por Arnold (2004). El análisis Microbiológico de la muestra se realizó teniendo en cuenta la ISO 9308-2 : 1991 utilizando recipientes esterilizados a  $175^\circ\text{C}$  durante una hora , evitando de esta forma la presencia de sustancias químicas que pueden inhibir la actividad microbiana ,causar la mortalidad a activar el crecimiento.

En la determinación de los coliformes fecales y totales se empleó la prueba del número más probable (NMP) por 100 ml.

Para la caracterización y evaluación de la calidad del agua se tuvo en cuenta, la clasificación establecida por Aceves y Palacios (2002).

### **Sistema de riego utilizado**

Se utilizó un sistema de riego localizado con emisores microjet del tipo r-1-140 (Anexo 4), fabricados en el Instituto Nacional de Riego y Drenaje de Cuba (León, 2009) empleándose un campo rotacional con cuatro laterales de riego y en los mismos fueron colocados 26 emisores por laterales, espaciados a 1 m.

Las normas de riego utilizadas fueron las establecidas por el Grupo Nacional de Agricultura Urbana (2006), donde se considera desde el trasplante hasta los diez

primeros días de ciclo y desde el décimo día hasta la cosecha, la programación del riego se realiza mediante normas e intervalos fijos.

**Parámetros que se evaluaron:**

- Lámina media recibida.
- Coeficiente de uniformidad.
- Contenido de humedad en el suelo.
- Componentes del rendimiento.

**Metodología seguida para la determinación de cada uno de los parámetros evaluados.**

**1. Lámina media recibida.**

Para evaluar la lámina media recibida por cada tratamiento se siguió la metodología planteada por Sapir y Sneh (2002), colocándose 12 pluviómetros por réplicas para un total de 48 pluviómetros por tratamientos. Lográndose una cobertura de 0,5 m<sup>2</sup> de superficie por pluviómetro. A cada pluviómetro se le midió el área del mismo para determinar la lámina a través de la fórmula:

$$L = V/A \times 10$$

Donde:

L: Lámina registrada (mm).

V: Volumen captado en cada pluviómetro (cm<sup>3</sup>).

A: Área del pluviómetro (cm<sup>2</sup>).

Las evaluaciones fueron realizadas en las primeras horas de la mañana para evitar afectaciones por el viento. Se realizaron tres muestreos a los 10 días; 20 días y 30 días de haber efectuado el trasplante, cada muestreo duró 20 minutos.

## 2. Coeficiente de uniformidad.

Para evaluar el coeficiente de uniformidad se siguió el método planteado por Christiansen (1942), para lo cual se colocan pluviómetros a ambos lados del lateral de riego en forma diagonal, en la evaluación fueron colocados 12 pluviómetros por réplicas, para un total de 48 pluviómetros por tratamientos. Se empleó la fórmula planteada por Christiansen:

$$CU (\%) = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \bar{X}} \right)$$

Donde:

CU<sub>c</sub>: Coeficiente de uniformidad de Christiansen.

X<sub>i</sub>: Lecturas individuales de cada colector

$\bar{X}$ : Promedio de las lecturas.

n: Número de lecturas.

## 3. Comportamiento del contenido de humedad en el suelo.

Se evaluó el comportamiento del contenido de humedad en el suelo, en cada uno de los tratamientos estudiados mediante el método Gravimétrico sugerido por Pla (1992), para lo cual fueron realizados tres muestreos a los 11 días; 21 días y 31 días de haber efectuado el trasplante y en caso de la zanahoria a los 25 días, 50 días y 85 días. Para el mismo se utilizaron tres pesafiltros por réplicas, para un total de 12 pesafiltros por tratamientos. Las muestras de suelo fueron tomadas en las primeras horas de la mañana antes de que se realice el riego e inmediatamente enviadas al laboratorio de

suelos de la Universidad de Matanzas, determinándose el porcentaje de humedad presente en el suelo en función del peso del suelo seco.

#### **4. Determinación de los componentes del rendimiento.**

En el cultivo de la lechuga se evaluaron los componentes de rendimiento según se refleja en la tabla 4. Para la determinación de cada uno de los componentes del rendimiento se seleccionaron 10 plantas al azar por cada parcela, de acuerdo con los tratamientos y réplicas que se evalúan, muestreándose en total 40 plantas por tratamiento. A las plantas muestreadas se le contaron el número de hojas totales y de estas las aptas para el consumo u hojas comerciales. Mediante una cinta métrica se le midió el diámetro medio de la roseta. El peso promedio de las plantas se obtuvo dividiendo el peso total de las 10 plantas entre el número de plantas muestreadas. El rendimiento se obtiene del producto del peso promedio de las 10 plantas muestreadas por el número de plantas existente en  $1 \text{ m}^2$  de cantero.

En el cultivo de la zanahoria para la determinación de cada uno de los componentes del rendimiento se seleccionaron 40 plantas al azar por cada parcela de acuerdo con los tratamientos y réplicas que se evaluaron, muestreándose un total de 160 plantas por tratamiento. A las plantas muestreadas mediante cinta métrica se le midió el diámetro superior, medio e inferior de la raíz. El peso promedio de las plantas se obtuvo dividiendo el peso total de las 40 plantas entre el número de plantas muestreadas. El rendimiento se obtiene del producto del peso promedio de las 40 plantas muestreadas por el número de plantas existente en  $1 \text{ m}^2$  de cantero.

A cada uno de los parámetros evaluados se le realizó un análisis utilizando el software Statgraphics Plus ver 5.1 (Statistical Graphics Corporation™, 2001). Para las pruebas de significación se utilizó la prueba Duncan al 95 % de confiabilidad.

**Tabla 6. Componentes del rendimiento de los cultivos**

<b>Cultivos</b>	<b>Componentes del rendimiento</b>
<b>Lechuga</b>	Cantidad de hojas(n <sup>o</sup> )
	Hojas comerciales(n <sup>o</sup> )
	Diámetro de la roseta (cm)
	Peso promedio por plantas (kg)
	Longitud de la raíz (cm)
	Rendimiento(kg/m <sup>2</sup> )
<b>Zanahoria</b>	Diámetro superior(cm)
	Diámetro medio(cm)
	Diámetro inferior(cm)
	Peso promedio de la raíz( kg)
	Longitud de la raíz( cm)
	Rendimiento(kg/m <sup>2</sup> )

**Evaluación económica.**

Para la evaluación económica se utilizó la metodología planteada por la Asociación Internacional de la Industria del Fertilizante [IFA] (2000), para lo cual se determina el beneficio bruto, beneficio neto, rentabilidad y costo por peso de producción a través de los análisis siguientes:



$$\text{Beneficio Neto} = Bb - Ct \text{ (\$/m}^2\text{)}.$$

$$\text{Beneficio Bruto} = R \times Pv \text{ (\$/m}^2\text{)}.$$

$$\text{Rentabilidad} = Bn / Ct \times 100 \text{ (\%)}.$$

$$\text{Costo por peso} = Ct / Bb \text{ (\$)}.$$

Donde:

Bn: Beneficio neto ( $\$/m^2$ ).

Bb: Beneficio bruto ( $\$/m^2$ ).

Ct: Costo total ( $\$/m^2$ ).

R: Rendimiento ( $kg/m^2$ ).

Pv: Precio de venta ( $\$/kg$ ).

En caso del precio de venta se considera el establecido para organismos y población (Tabla 8).

Para el cálculo del costo total se tuvo en cuenta las fichas de costos totales del cultivo evaluado (agua , salario, electricidad, materia orgánica y costo del extensor de riego) como se observa en la( Tabla 7).

**Tabla 7. Fichas de costos unitarias.**

<b>Costos unitarios</b>	<b>Costos (\$)</b>
Agua (m <sup>3</sup> )	0,30
Salario (\$/h obrero)	1,28
Electricidad (kw h)	0,11
Materia orgánica (kg)	0,02
Costo del extensor (m)	0,04

**Tabla 8. Precio de venta.**

<b>Cultivo</b>	<b>Precio de Venta (\$/kg)</b>
<b>Lechuga</b>	<b>4,34</b>
<b>Zanahoria</b>	<b>6,51</b>

## **8 ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

### **LÁMINA MEDIA RECIBIDA.**

De acuerdo con las evaluaciones realizadas para la determinación de la lámina media recibida por cada tratamiento (Figuras 1 y 2) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, en cada uno de los muestreos realizados en ambos cultivos. En el tratamiento dos se registran los mayores valores de láminas recibidas en ambos cultivos, lo cual está dado por la altura a que se encuentran los emisores, lo que determina que la influencia del viento sobre estos en el momento del riego tenga un menor efecto sobre las pequeñas gotas de agua que emiten los emisores comparado con el resto de los tratamientos, que al presentar mayores alturas de los emisores el efecto del viento sobre la distorsión de la lluvia es mayor disminuyendo la lámina caída sobre los canteros.

En todos los muestreos realizados durante el desarrollo de ambos cultivos las menores medias de las láminas recibidas se registraron en el tratamiento cuatro, debido a que los emisores en este tratamiento se encuentran a una altura de 15 cm sobre la superficie del suelo existiendo una mayor influencia del viento sobre este tratamiento, lo que deformó con mucha facilidad la caída de las gotas de agua sobre la superficie del suelo y con ello las láminas de agua registradas en los pluviómetros.

En todos los muestreos realizados para evaluar el comportamiento de las láminas de riego recibidas, la tendencia en cuanto a los tratamientos estudiados es muy similar en ambos cultivos. Se observa que el tratamiento tres con respecto al uno los valores obtenidos son muy similares, lo que debe estar dado porque en ambos tratamientos los emisores están colocados a una altura de 10 cm, solo que en el tratamiento uno la tubería lateral está sobre la superficie del suelo y en tres está soterrada. Esta condición hace que el tratamiento tres exhiba un mejor comportamiento, sin embargo por las características del diseño experimental en tratamiento uno se logra una mejor verticalidad de los emisores que no está en correspondencia con lo que se observa en la realidad cotidiana en la explotación de estos sistemas, que en nuestro país, tienen más de 15 años de explotación. Sin embargo en la bibliografía consultada no existen reportes de investigaciones que se hayan realizados con objetivo de evaluar cual es la altura

idónea a que deben colocarse los emisores de riego según las condiciones agroclimáticas de nuestro país.

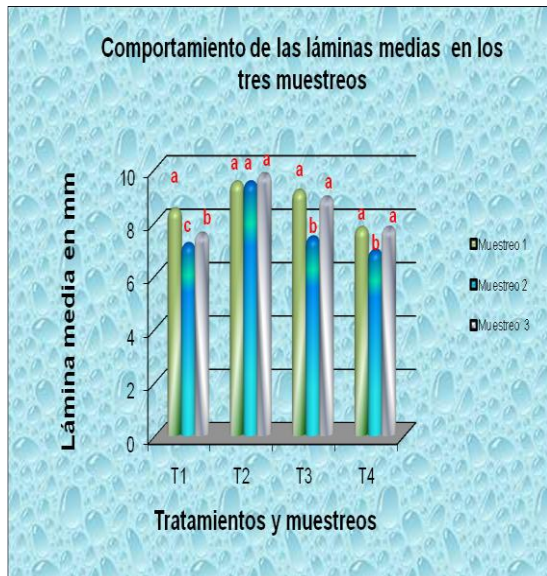


Figura 1

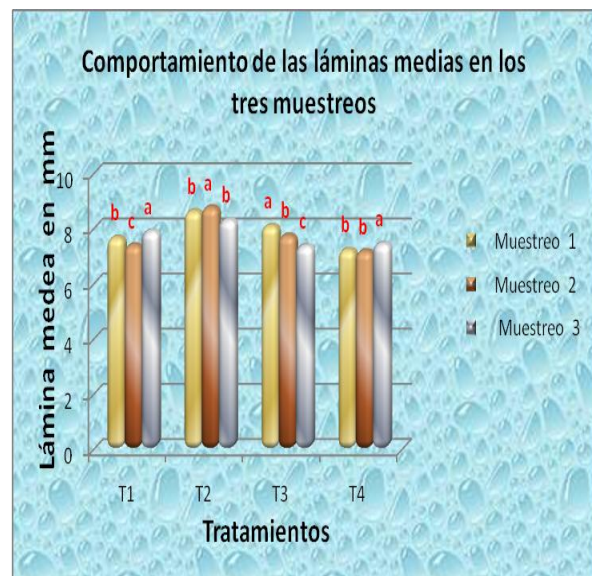


Figura 2

**Figuras 1 y 2** Comportamiento de las láminas medias recibidas en los muestreos realizados durante el desarrollo de los cultivos de la lechuga y zanahoria respectivamente.

### COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD.

En las Figuras 3 y 4 se relacionan el comportamiento del coeficiente de uniformidad en los tres muestreos realizados en cada uno de los cultivos estudiados, el análisis estadístico arrojó diferencias significativas entre las medias de los tratamientos estudiados en cada uno de los muestreos realizados en ambos cultivos.

En el tratamiento dos se obtienen los mayores valores de los coeficientes de uniformidad en todos los muestreos realizados. En el cultivo de la Lechuga en los muestreos uno y tres los valores del coeficiente de uniformidad están por encima del 80 por ciento, resultados similares se obtienen en los tres muestreos realizados en el cultivo de la zanahoria. Con los valores de los coeficientes de uniformidad obtenidos la calidad del riego puede evaluarse de buena, según lo planteado por (Adenor, 2003) y (Cristiasen, 1942).

Aunque la uniformidad del riego puede estar dada por varios factores, dentro de ellos: velocidad y dirección del viento, tamaño de las gotas, ángulo de salida de los emisores, diámetros de las boquillas, entre otros. En los muestreos realizados estas condiciones prácticamente permanecieron contantes. La velocidad y dirección del viento que son de los factores que mayor incidencia puede tener en los porcentajes de uniformidad en estos sistemas de riego, para atenuar estos efectos los muestreos fueron realizados en horas bien tempranas de la mañana.

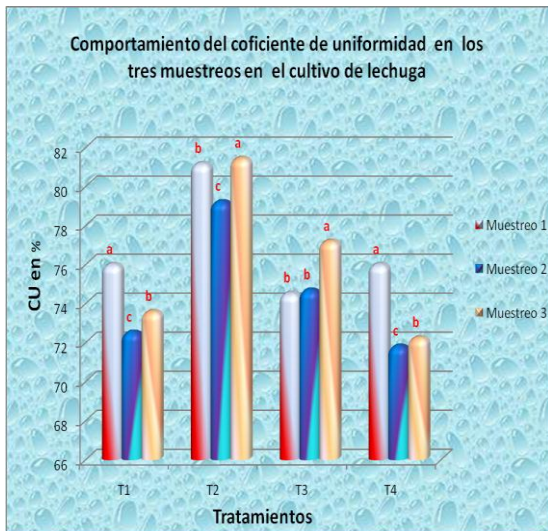


Figura 3

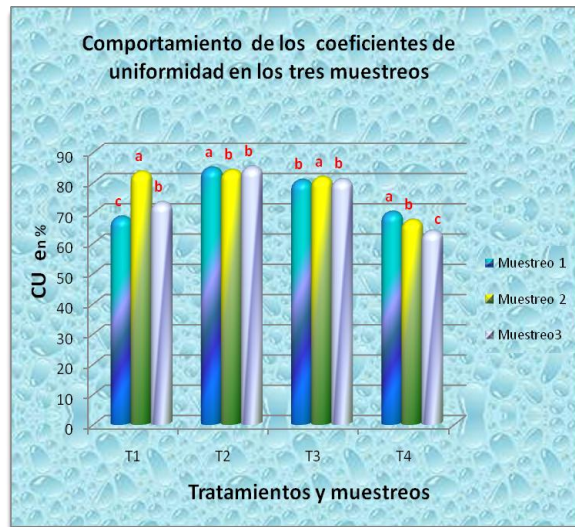


Figura 4

**Figuras 3 y 4.** Comportamiento de los coeficientes de uniformidad en los cultivos de la Lechuga y Zanahoria en los tres muestreos realizados respectivamente.

### COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL SUELO EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.

En la tabla 9 se muestra el comportamiento medio del contenido de humedad del suelo en cada uno de los muestreos realizados durante el desarrollo del cultivo de la Lechuga. Se obtuvo diferencia significativa entre tratamientos. En todas las evaluaciones realizadas el tratamiento dos, este mostró diferencia significativa con respecto al resto de los tratamientos estudiados. En los tres muestreos realizados al comparar los porcentajes de humedad obtenido la diferencia del tratamiento dos con respecto al resto de los tratamientos es superior el porcentaje de humedad obtenido en este tratamiento con respecto al resto de los tratamientos.

Es significativo que al comparar los porcentajes de humedad obtenidos en el tratamiento dos con respecto al tratamiento uno considerado el tratamiento control, en los muestreos dos y tres existe una diferencia de: 3,91 y 5,83 porcentaje de humedad lo que demuestra una mejor concentración del agua dentro del cantero. Otro de los resultados obtenidos y que es para tener en cuenta en la explotación futura de estos sistemas de riego es el hecho de la diferencia que obtuvo en el muestreo dos al comparar el tratamiento dos con respecto al cuatro, la humedad en este último está por debajo en 9,78 unidades, lo que demuestra que un volumen alto del agua aplicada mediante el riego cae fuera del cantero y no es aprovechada por las plantas. Esto está dado porque los emisores del tratamiento cuatro se encuentran a una altura por encima de las plantas facilitando una mejor acción del viento sobre las gotas de agua

**Tabla 9. Comportamiento del contenido de humedad del suelo en el cultivo de la Lechuga.**

Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
T1	32,67 <sup>b</sup>	T1	34,36 <sup>b</sup>	T1	32,53 <sup>b</sup>
T2	34,10 <sup>a</sup>	T2	40,90 <sup>a</sup>	T2	38,36 <sup>a</sup>
T3	31,43 <sup>b</sup>	T3	36,99 <sup>b</sup>	T3	37,78 <sup>a</sup>
T4	31,62 <sup>b</sup>	T4	31,12 <sup>c</sup>	T4	35,46 <sup>b</sup>
ES	3,67		3.44		3.22

Medias con letras diferentes en la vertical, difieren para  $P < 0.05$

En la tabla 10 se relaciona los valores de la humedad del suelo obtenidos en cada uno de los muestreos realizados durante el desarrollo del cultivo de la Zanahoria. Los resultados logrados son similares a los logrados en el cultivo de la Lechuga. El tratamiento dos muestra diferencia significativa con respecto al resto de los tratamientos estudiados. La tendencia es similar, cuando se produce diferencia

significativa con respecto al tratamiento uno tratamiento control; pero las mayores diferencia se producen entre el tratamiento dos y el tratamiento cuatro, evidenciado que la colocación de los emisores de riego a altura superiores a los 5 o 10 cm se ven seriamente afectados por la acción del viento, trayendo como consecuencia disminución en la uniformidad del riego, menor contenido de humedad en el suelo y por ende un menor aprovechamiento del agua y con ello una disminución de la eficiencia en los sistemas de riego en los organopónicos.

**Tabla 10. Comportamiento del contenido de humedad del suelo en el cultivo de la Zanahoria**

Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
T1	31,51 <sup>c</sup>	T1	33,02 <sup>ab</sup>	T1	32,55 <sup>c</sup>
T2	38,59 <sup>a</sup>	T2	37,57 <sup>a</sup>	T2	40,45 <sup>a</sup>
T3	34,53 <sup>b</sup>	T3	36,63 <sup>b</sup>	T3	37,51 <sup>b</sup>
T4	31,43 <sup>bc</sup>	T4	32,82 <sup>ab</sup>	T4	35,10 <sup>b</sup>
ES	2,89		2,88		2,65

Medias con letras diferentes en la vertical, difieren para  $P < 0.05$

En la tabla 11 se plasman los resultados obtenidos en la evaluación de los componentes del rendimiento para el cultivo de la Lechuga en los análisis estadístico realizados se encontró diferencia significativa entre las medias de los tratamientos para un nivel de confianza del 95,0% excepto en el número de hojas por plantas. Se resalta que en dos de los indicadores evaluados y de gran importancia para la toma de decisión desde el punto de vista del riego como son el peso promedio de las plantas y el rendimiento el tratamiento dos resultó superior al resto de los tratamientos. El número de hojas por plantas coinciden a las obtenidas por Álvarez, J. 2006, cuando evaluó el comportamiento de la aplicación de productos biofertilizantes en el cultivo de la lechuga en condiciones de organopónico.

El número de hojas comestibles son inferiores a los obtenidos por León (2006), cuando evaluó alternativas para la conservación del agua en la agricultura Urbana cuyos valores oscilaron entre los 14,57 hojas comestibles y 17,66 hojas comestibles. Los rendimientos alcanzados se encuentran dentro de los rangos de rendimientos obtenidos por León (2006), cuando evaluó alternativas para la conservación del agua en la agricultura Urbana cuyos rendimientos oscilaron entre los 1,96 y 3,29 Kg/m<sup>2</sup>.

**Tabla 11. Análisis de los componentes del rendimiento del cultivo de la lechuga.**

Tratamientos	Indicadores productivos					
	NH	HC	DR(cm)	LR(cm)	PP (kg)	Rto (kg/m <sup>2</sup> )
T1	11 <sup>a</sup>	9 <sup>b</sup>	24 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	0,10 <sup>c</sup>	2,70 <sup>c</sup>
T2	13 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	2,81 <sup>a</sup>
T3	12 <sup>a</sup>	9 <sup>b</sup>	25 <sup>a</sup>	7 <sup>b</sup>	0,13 <sup>b</sup>	2,77 <sup>b</sup>
T4	12 <sup>a</sup>	9 <sup>b</sup>	24 <sup>b</sup>	7 <sup>b</sup>	0,13 <sup>b</sup>	2,74 <sup>c</sup>
ES	1,25	3,41	4,41	3,,40	3,34	2,65

Leyenda:

NH Número de hojas; HC hojas comestibles; DR Diámetro de la roseta; LR Longitud de las Raíces; PP Peso promedio de la plantas; Rto Rendimiento

Medias con letras diferentes en la vertical, difieren para P < 0.05

En la tabla 12 se relaciona el comportamiento de cada uno de los componentes del rendimiento del cultivo de la Zanahoria, donde se obtuvo diferencia significativa en cada uno de los indicadores productivos evaluados entre el tratamiento dos y el resto de los tratamientos. Estos resultados están en correspondencia con el



comportamiento de cada uno de los parámetros evaluados, los cuales fueron superiores en el tratamiento dos con respecto al resto de los tratamientos. Los valores obtenidos se corresponden que los potenciales de este cultivo según el manual de Agricultura Urbana donde se plantea que los rendimientos de la variedad New Kuroda oscilan entre 1,8 a 2 kg/m<sup>2</sup>, en este caso los rendimiento obtenidos fueron superiores.

Si comparamos la diferencia obtenida en el contenido de humedad del tratamiento dos con respecto al resto de los tratamientos en ambos cultivos y hayamos la diferencia en el rendimiento entre los tratamientos, se puede comprobar que no existe una relación directa entre los mismos. Por lo que el contenido de agua en suelo no eleva los rendimientos en una relación directa hasta un punto en cual la relación agua rendimiento permanece casi constante. Por lo que el aumento del rendimiento va a depender de otros factores entre ellos: que se esté suministrando un régimen de riego por encima del biológicamente necesario, es posible que se este proporcionando un volumen de agua por encima de la evapotranspiración máxima. Por lo que consideramos que el riego debe efectuarse sobre el criterio de lograr el máximo rendimiento en correspondencia con la evapotranspiración máxima. (Pacheco et al 1995), plantean, el rendimiento no se incrementará por encima del punto considerado como evapotranspiración máxima, Pudiéndose mantener el punto del rendimiento máximo, incluso podría disminuir de la Evapotranspiración máxima potencial del cultivo, y otros factores. Los resultados obtenidos demuestran que es necesario manejar con una mayor efectividad las necesidades hídricas de los cultivos, con vista a determinar con exactitud las necesidades de agua de los cultivos en estos sistemas de producción.

Sin embargo se puede observar que los valores obtenidos están en correspondencia con el resto de los análisis realizados, lo que evidencia que existe una relación directa entre el la uniformidad del riego, el contenido de humedad del suelo y la respuesta del cultivo.

**Tabla 12. Análisis de los componentes del rendimiento del cultivo de la zanahoria**

Tratamientos	Indicadores productivos					
	DRS(cm)	DRM(cm)	DRI(cm)	LR(cm)	PP (kg)	Rto (kg/m <sup>2</sup> )
T1	4,32 <sup>b</sup>	3,45 <sup>c</sup>	2,27 <sup>b</sup>	14,99 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>	5,13 <sup>c</sup>
<b>T2</b>	<b>4,39<sup>a</sup></b>	<b>3,69<sup>a</sup></b>	<b>2,43<sup>a</sup></b>	<b>15,36<sup>a</sup></b>	<b>0,14<sup>a</sup></b>	<b>5,50<sup>a</sup></b>
T3	4,36 <sup>b</sup>	3,57 <sup>b</sup>	2,32 <sup>b</sup>	14,97 <sup>b</sup>	0,13 <sup>b</sup>	5,29 <sup>b</sup>
T4	3,80 <sup>c</sup>	3,48 <sup>c</sup>	2,28 <sup>b</sup>	14,98 <sup>b</sup>	0,12 <sup>b</sup>	5,13 <sup>c</sup>
ES	2.11	1.02	2.23	3.10	3.40	1.57

Leyenda:

DRS Diámetro superior de la raíz, DRM Diámetro medio de la raíz, DRI Diámetro inferior de la raíz, LR Longitud de la raíz, PP Peso promedio de la plantas; Rendimiento.

Medias con letras diferentes en la vertical, difieren para  $P < 0.05$

### **CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EMPLEADA.**

En la (Tabla 13) se presentan los valores de de cada uno de los parámetros evaluados para caracterizar la materia orgánica empleada en el experimento. El pH de la materia orgánica utilizada se considera de óptimo para este tipo de material, siendo las condiciones favorables para la acción microbiana. Valores similares del pH alcanzado en la materia orgánica utilizada son reportados por Peña (2004) y Paneque (2001). Por otra parte Serrano (2007) obtuvo valores de pH similares al evaluar la producción de alimentos y la biodiversidad mediante el desarrollo de la agricultura orgánica.

**Tabla 13 Caracterización de la materia orgánica empleada en la elaboración del Sustrato.**

Parámetros	pH	N%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Cmol/kg <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> Cmol/ kg <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup> Cmol/ kg <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> Cmol/kg <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> Cmol/kg <sup>-1</sup>	M.O%
Valores obtenidos	7,19	1,28	0,21	0,1	0,07	12,26	6,4	27,04

Aunque todos los elementos son esenciales para la nutrición de los microorganismos edáficos y en algún momento pueden aparecer limitando la actividad biológica del suelo, el nitrógeno es quien juega un papel preponderante en la humificación de los productos orgánicos, de acuerdo el contenido de nitrógeno del material orgánico utilizado este se evalúa de medio, lográndose el equilibrio requerido en la actividad microbiana en el suelo (Treto, 2002).

Con respecto a los niveles de fósforo y potasio se presenta bajo de acuerdo con lo planteado por Campaniones (2003), al señalar este autor que los mismos deben estar oscilando entre 1,7 a 3 y 1,0 a 5,0 kg/t de fósforo y potasio respectivamente.

Erduyn et al (2009) reportan valores similares al evaluar la aplicación de abonos orgánicos para la producción de Pepino (*Cucumis. sativa*) en suelo Ferralítico rojo compactado bajo condiciones protegidas.

Al realizar el análisis del Ca y el Mg dos elementos imprescindibles para que el desarrollo de los cultivos pueda efectuarse con normalidad, los valores son similares a los encontrados por Vega, E. et al (2004), lográndose una relación calcio, magnesio de 1.91 la cual es idónea cuando esta se presenta por debajo de 10 (Urbano, 2005).

Para caracterizar el estado de la evolución de la materia orgánica del suelo y en consecuencia su nivel de humificación, se utiliza la relación C/N, esta relación resulta elevada para la materia orgánica fresca y descende durante el proceso de humificación cuyos valores óptimos se evalúan próximos a 10. De acuerdo con los análisis realizados y la metodología propuesta por (Paneque, 2001) se obtiene una relación C/N 12,25.

El nivel de La materia orgánica se evalúa de ligeramente bajo de acuerdo con lo planteado por (MINAGRI 2000), al poseer un valor inferior a 30%.

### **CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EMPLEADA EN EL RIEGO EN EL ORGANOPÓNICO DE LA UNIVERSIDAD.**

El valor de pH del agua de riego utilizado en el organopónico de la universidad es 7,43 según Urbano (2005) esta agua se evalúa de buena.

Al analizar la salinidad del agua empleada en el riego de los cultivos expresada como conductividad eléctrica (CE) se obtuvo un valor de 0,52 mS/cm que de acuerdo con los criterios establecidos por (FAO, 2001 y Pacheco en 1995) esta se califica como de salinidad media, ya que el valor obtenido se encuentra dentro del rango de 0,51 a 0,57 mS/cm.

La presencia del sodio en las aguas de riego puede dar lugar a que por medio del intercambio catiónico el sodio pase a ocupar los sitios en el complejo absorbente del suelo que son ocupados por otros cationes como el calcio y magnesio, afectando la permeabilidad, aireación entre otros perjuicios. Además de estos efectos se debe tener en cuenta la posibilidad de precipitación de sales como el  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  y el  $\text{MgCO}_3$ .

El agua de riego de la Universidad de Matanzas no presenta problemas de salinidad debido de su bajo contenido de sodio, puesto que la evaluación del posible efecto negativo de estas sales se realiza a través de la relación de absorción del sodio ajustada (RAS) de acuerdo a los criterios planteados por la, (FAO, 2006), (MINAGRI, 2000), (Pacheco, 2000) no debe sobrepasar los 6 meq/L, aunque la CE es mayor de 0,50 dS /m.

El análisis del carbonato sodio residual (CSR), que nos da el comportamiento del  $\text{HCO}_3$  y  $\text{CO}_3$ , sobre el calcio y el magnesio, cuando se produce que la concentración del bicarbonato y el carbonato es mayor que la del calcio y el magnesio, existe la tendencia de estos cationes a precipitar en forma de carbonatos y a medida que la solución del suelo se va concentrando, permaneciendo en solución el  $\text{NaCO}_3$ , debido a su alta solubilidad. Los análisis realizados arrojaron valores de cero para los carbonatos, y con ellos obteniendo valores de cero para el (CSR) lo cual deduce

que el agua utilizada en el riego del organopónico analizado tiene un origen hidrogeno-carbonatadas.

Uno de los aspectos que definen la calidad del agua para el riego es la solubilidad del sodio y su posible efecto sobre las propiedades de las físicas del suelo, el cual se obtiene según Willer (2005) a partir de la determinación del porcentaje de sodio soluble (PSS). Para la evaluación del agua de riego desde el punto de vista del porcentaje de sodio soluble (PSS), Willer relaciona el PSS y CE, estableciendo cinco tipos de agua.

**Tabla 14. Clasificación del agua para riego de acuerdo al PSS y la CE**

Clasificación	PSS (%)	CE dS/m
Excelente	< 20	< 0.25
Buena	21 - 40	0,25 - 0,75
Permisible	41 -60	0,75 - 2
Dudosa	61-80	2 - 3
Mala	> 80	> 3

Al comparar los valores obtenidos con los establecidos por (Aceves y palacios, 1969) el agua de riego del organopónico analizado, se evaluó de excelente a buena al presentar valores de PSS por debajo de 20 % y CE por debajo de 0,75 dS/m.

Al analizar la salinidad efectiva (SE) este índice propuesto por (Aceves y palacios, 1969), estima el peligro que presentan las sales solubles del agua al pasar a formar parte de la solución del suelo, su fundamento es de naturaleza químico- física en función de la Kps de algunas sales menos solubles, tales como: los carbonatos de calcio y magnesio y sulfato de calcio, Este fenómeno es más visible cuando las aguas tienen un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos para el análisis de este parámetro se establece una relación entre los cationes calcio y magnesio y los aniones sulfato y carbonato.

Para la evaluación de la calidad del agua de riego del organopónico analizado de acuerdo a la (SE), se utiliza la clasificación propuesta por Aceves y Palacios (1969), la cual establece tres categorías: buena, condicionada y no recomendable, el agua de este organopónico se evalúa de buena al tener valores de SE inferior a 3 meq/L, lo cual está dado por los bajos niveles de carbonatos presentes el agua, al igual que los niveles de Magnesio, sodio y potasio ya que los valores de calcio son superiores al resto de los cationes analizados.

Otro indicador contemplado para la caracterización del agua de riego según la clasificación de (Aceves y Palacios, 1969) es la salinidad potencial (SP), la cual sigue una secuencia con la salinidad efectiva, ya que al precipitar las sales menos solubles, quedarán en solución, Cloruros y Sulfatos, lo cual pueden aumentar la presión osmótica y actúan a bajos niveles de niveles de humedad.

Aceves y Palacios en sus indicadores establecen tres categorías para la clasificación del agua para riego según el valor de SP: buena, condicionada y no recomendable, de acuerdo con estos indicadores el agua de riego del organopónico de la Universidad se evalúa de buena presentando un valor de SP de bajo de 3 meq/L.

Aceves y Palacios (1969) plantean que el porcentaje de sodio en solución (PSS) no es totalmente representativo del peligro de sustitución del calcio y el magnesio por el sodio en el complejo de cambio del suelo, ya que las sales menos solubles precipitan y el porcentaje de sodio aumenta de forma relativa, es por esto, que propone el calcio del porcentaje de sodio permisible (PSP) referido a la salinidad efectiva (SE). Estos mismos autores establecen dos rangos para clasificar el agua desde el punto de vista del (PSP), teniendo en cuenta estos rangos buenos con valores de  $PSP < 50\%$  y son condicionadas con valores superiores al 50%. De acuerdo con los valores de (PSP), el agua del organopónico de la Universidad se evalúa de buena.

### **Análisis de la Fitotoxicidad.**

La Fitotoxicidad está dada por la acción que sobre las plantas pueden ejercer algunos elementos disueltos en el agua de riego, causando problemas de Fitotoxicidad aún a bajas concentraciones, actualmente se le presta atención a los elementos sodio y cloruro por su efecto fitotóxico sobre los cultivos.

La Fitotoxicidad por sodio (Na) se produce en la mayoría de las especies arbóreas, donde son muy susceptibles al sodio que se encuentra en las hojas al perderse el agua por transpiración, produciéndose el peligro por la acumulación del sodio por encima del límite de tolerancia permitido, observándose rasgo muy importante cuando se riega por aspersión, ya que se produce una difusión del sodio a través de los estomas y es muy rápida y tiende a quedar en la hoja como consecuencia de la fuerte transpiraciones. El agua de riego del organopónico de la Universidad presenta un nivel de sodio muy bajo (0,48 meq/L).

Para evaluar la toxicidad que puede presentar el agua de riego a partir del sodio presente en la misma, se tuvo en cuenta el criterio emitido por (Urbano, 2005) onde establece que se detectan problemas, cuándo el contenido de sodio en el agua de riego es superior a los 3 meq/L y el agua se aplica fundamentalmente por aspersión y que se corresponde con las formas de riego que se ejecutan en el organopónico de la Universidad, de acuerdo con los criterios de este autor no se presenta problema debido a la presencia de sodio en el agua de riego de dicho organopónico. Este propio autor señala que otra evaluación razonable puede desarrollarse a partir del análisis de la RAS ajustada En el agua de riego y/ o sobre los extractos de saturación del suelo. Donde señalan tres rango fundamentales de RASajustada para el agua de riego, considerándola de sin problema con valores inferiores de 3 meq/L, de problemas crecientes entre 3 y 9 meq/L y del problemas graves superiores a nueve. De acuerdo con estos rangos establecidos, la evaluación que se obtiene es similar a la planteada para el análisis del sodio.

La Fitotoxicidad por cloruro (Cl), se presenta de forma muy similar a la del sodio. El organopónico de la Universidad presenta un valor de 0,49 meq/L.

Al evaluar la Fitotoxicidad de las plantas por cloruro en el agua de riego, puede considerarse sin problemas cuando el nivel de este anión se encuentra en una concentración inferior a los 4 meq/L, según (Pacheco, 1995 y Urbano, 2005, y los problemas se tornan creciente, de acuerdo con criterio de los propios autores, cuando la concentración de cloruro está entre los 4 y 10 meq/L y se valora de problema grave al existir cuando la concentración está por encima de los 10 meq/L.

De acuerdo con los rangos de cloruro establecidos por (Pacheco, 1995 y Urbano, 2002), no se presenta problemas debido a la presencia de este anión en el agua de riego en el organopónico de la Universidad.

### **Análisis Bacteriológico**

Para la caracterización del agua empleada en el organopónico desde el punto de vista bacteriológico se tuvo en cuenta las indicaciones (Minagri ,1986) donde se plantea que para el agua de riego desde el punto de vista bacteriológico los Coniformes totales no debe superar los 100 ufc/100 mL, expresado por la técnica del numero más probable (NMP). Los coliformes totales del agua de riego del organopónico evaluado se encuentran de bajo de 100 ufc/100 mL.



## 9. Evaluación económica.

En las Tablas 15 y 16 se observan los análisis económicos realizados de acuerdo con los indicadores económicos evaluados en cada cultivo. Los rendimientos alcanzados y el costo incurrido en el proceso de producción para el desarrollo de la investigación. Los resultados obtenidos demuestran que el tratamiento dos arroja el mejor balance económico en ambos cultivos. Cada uno de los indicadores evaluados desde el punto de vista económico es superior en este tratamiento con respecto al resto de los tratamientos estudiados.

De acuerdo con los valores que se plasman en la tabla 13, en el cultivo de la lechuga el tratamiento 2, es el que posee el beneficio neto más elevado con 5,13 \$/m<sup>2</sup>, con una rentabilidad del 73 % y un costo por peso de producción de 0,58 centavos. En caso del cultivo de la zanahoria tabla 14 el mismo tratamiento arrojó el mejor comportamiento con un beneficio neto de 15,75 \$/m<sup>2</sup>, 79 % de rentabilidad y un costo por peso de producción de 0,56 centavos.

**Tabla 15. Análisis económico para el cultivo de la lechuga**

Tratamientos	Rendimientos ( kg/m <sup>2</sup> )	Costo (\$/m <sup>2</sup> )	Beneficio Bruto (\$/m <sup>2</sup> )	Beneficio Neto (\$/m <sup>2</sup> )	Rentabilidad (%)	Costo por peso (\$)
T 1	2,70	7,064	11,72	4,66	66	0,60
T 2	2,81	7,066	12,19	5,13	73	0,58
T3	2,77	7,068	12,02	4,96	70	0,59
T4	2,74	7,070	11,89	4,82	68	0,59

**Tabla 16. Análisis económico para el cultivo de la Zanahoria**

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimientos ( kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo (\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Beneficio Bruto (\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Beneficio Neto (\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rentabilidad (%)</b>	<b>Costo por peso (\$)</b>
<b>T 1</b>	<b>5,13</b>	<b>20,05</b>	<b>33,99</b>	<b>13,94</b>	<b>70</b>	<b>0.60</b>
<b>T 2</b>	<b>5,50</b>	<b>20,05</b>	<b>35,80</b>	<b>15,75</b>	<b>79</b>	<b>0.56</b>
<b>T3</b>	<b>5,29</b>	<b>20,05</b>	<b>34,43</b>	<b>14,38</b>	<b>72</b>	<b>0,58</b>
<b>T4</b>	<b>5,13</b>	<b>20,05</b>	<b>34,50</b>	<b>14,45</b>	<b>72</b>	<b>0,58</b>

El análisis integral de los resultados evidencia que el tratamiento 2 resulta el de mejor comportamiento en casi todos los parámetros evaluados. Esto se debe a que los emisores colocados a la altura de 5 cm sobre el nivel del suelo y con el lateral soterrado, se puede lograr una óptima uniformidad del riego, avalado por el comportamiento de la humedad en el suelo, comportamiento de la humedad en las plantas, la respuesta productiva del cultivo y los indicadores económicos.

## 10. CONCLUSIONES

1. Las láminas medias recibidas fueron mayores en los cultivos de la lechuga (*Lactuca sativa*, L) y la zanahoria (*Daucus carota* L).en condiciones de organopónico, cuando los emisores de riego son colocados a cinco centímetros de altura sobre el nivel del suelo, logrando una mayor concentración del agua en la zona del cantero.
2. El coeficiente de uniformidad del riego presentó su mejor comportamiento cuando los emisores son colocados a cinco centímetros sobre el nivel del suelo, estando en correspondencia con las láminas medias recibidas
3. Las diferencias obtenidas entre las medias del contenido de humedad en el suelo evidencian las pérdidas de agua que se producen en estos sistemas de riego cuando los emisores son colocados a una altura superior a los cinco a centímetros sobre le nivel del suelo.
4. Los indicadores del rendimiento en ambos cultivos mostraron el mejor comportamiento cuando los emisores son colocados a una altura de cinco centímetros sobre el nivel del suelo
5. La evaluación económica de ambos cultivos evidenció que la mejor respuesta desde el punto de vista económico se obtuvo cuando los emisores fueron colocados a cinco centímetros sobre el nivel del suelo con los laterales soterrados
6. El evaluar las medias de los resultados obtenidos en los indicadores del rendimiento, se puede comprobar que estos no están en correspondencia con las diferencias de humedad presente obtenidas en los tratamientos.
7. Al evaluar de forma integral los resultados alcanzados se concluye que el tratamiento dos muestra el mejor comportamiento de forma integral.

## 11. RECOMENDACIONES

1. Colocar los emisores de riego a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo y soterrar las tuberías laterales para realizar el riego al cultivo de lechuga y zanahoria bajo condiciones de organopónico.
2. Continuar desarrollando esta experiencia con el propósito de optimizar el uso de agua de regadío en agricultura urbana.
3. Efectuar nuevos estudios incluyendo otros cultivos en las evaluaciones bajo las mismas condiciones.
4. Realizar esta experiencia en otros organopónicos del territorio con el fin de llegar a una propuesta final para la aplicación de los resultados obtenidos en la producción en condiciones de organopónicos.
5. Realizar estudios sobre las necesidades hídricas de los cultivos, colocando los emisores de riego a una altura de cinco centímetros sobre el nivel del suelo

## 11. BIBLIOGRAFIA

1. ACTAC. 2008. La agricultura Orgánica. La materia orgánica (CU) 7 (10): 7 – 10, noviembre.
2. Aceves, E y Palacios, L .2002. Instructivos para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad de agua para riego. Rama de riego y drenaje del Colegio de Posgrado de ENA. México.45 p.
3. Aceves, M y Palacios, R. 1969. Effects of soil osmotic potencial produced with two sat species of plants. Water potential growth and grain gid of Wheat plant and soil. P 457.
4. Adelnor, S. 2003. Curso de Riego Localizado. Federación de comunidades de regantes de la Cuenca del Guadalquivir. Instituto de Agricultura Sostenible. La Habana. 7- 21 de abril.
5. Alfonso, E. y Feria, U. 2004. Evaluación de la calidad del riego en la agricultura Urbana. I Conferencia Científica de Ingeniería Agrícola. EXPOCUBA Ciudad de La Habana 19-21 de mayo.
6. Amold,E.2004 .Standard Methods: for the examination of water and Waste Water, 18<sup>th</sup> Edition. USA. P. 234.
7. Angulo, C. 2008. Producción de Lechuga. Universidad de San Martín de Porres. Lima, Perú. 10 p. (Monografía).
8. Beltrán, Naydelis. 2005. Evaluación técnica explotativa de los sistemas de riego en organopónicos como vía para lograr un uso eficiente del agua 82 h. Trabajo de Diploma (tesis en opción al título de Ingeniero agrónomo)-- Universidad de Matanzas.
9. Botánica, El mundo de las plantas, propiedades de las zanahorias [en línea] 2010. disponible en: [http:// www.botanical online.com](http://www.botanical online.com). [consulta: marzo, 12, 2010].
10. Cabannes, Y. 2007. Agricultura Urbana: Gestión Territorial y Planificación Física. Lineamientos para la formulación de políticas municipales para la agricultura urbana, Primera Edición, No 3. IDRC, IPES/PGU-ALC.

11. Campanioni, N. 1997. La Agricultura Urbana en Cuba; Su participación en la seguridad alimentaria. Conferencia III Encuentro Nacional de Agricultura. UCLV. Villa Clara. Cuba. p.9 -13.
12. Campanioni, N. 2003. La Agricultura Urbana al cierre del 2002. XV Congreso del SNTAF. Cienfuegos Cuba, marzo. p. 36-46.
13. Catálogo de Tecnologías para Pequeños Productores Agropecuarios, Riego localizado [en línea] 2003. Disponible en:  
[http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/programas/desarrollo\\_rural/proinder/catalogo/catalogo/tecno/100.htm](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/00/programas/desarrollo_rural/proinder/catalogo/catalogo/tecno/100.htm). [Consulta 2 de marzo de 2008].
14. CITMA, 1997. Estrategia nacional ambiental. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba. La Habana p. 9- 12.
15. Christiansen, J. 1942. Hydraulics of sprinkling systems of irrigation. Trans. Am. Soc. Civil Eng. 107(6): 221-239, january.
16. Crovetto, L. Caracteriser la matiere organique: pourquoi et comment 2.Rev.EM Eumedia.Ecoportal. net. Escases de agua [en línea] octubre, 2008 Disponible en: [http://www.Ecoportal.net/temas\\_agua.htm](http://www.Ecoportal.net/temas_agua.htm) [consulta: enero, 10, 2009].
17. Diago, A. Zanahorias, un viaje global [en línea] marzo 2010. Disponible en: [http://agrytec.com/agricola/index.php?option=com\\_content&view=article&id=280:zanahorias-un-viaje-global&catid=45:articulos-tecnicos&Itemid=37](http://agrytec.com/agricola/index.php?option=com_content&view=article&id=280:zanahorias-un-viaje-global&catid=45:articulos-tecnicos&Itemid=37)[consulta: junio 17 2010].
18. Echeverry, B. 2006. Fortalecimiento de las huertas productivas los chircales sector El Consuelo localidad Rafael Uribe Uribe. Fondo de Desarrollo Local Alcaldía Rafael Uribe Uribe. Signal D & P impresión digital. Bogotá. p.65 - 76
19. Ellis, F. and Sumberg, J.2006. Food Production, Urban Areas and Policy Responses. World Development (England) 26(2): 213 - 225, october.
20. Erduyn.V; Ricardo R; López, Misleidy de Cárdenas; Noel, S. 2009. Abonos orgánicos procesados como alternativa de sustrato de cultivos organopónicos de invernadero.Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba. 66 p.
21. FAO, 2003. Optimizing soil moisture for plant production; the significance of soil porosity. Por T.F. Shaxon y R.G. Barber. Roma. P. 43 - 67.

22. FAO, 2000. Food insecurity: when people live with hunger and fear starvation. The state of food insecurity in the world. 2nd Ed. Rome. 234 p.
23. FAO, 2005. Necesidades de agua de los cultivos. Serie Riego y Drenaje. (Roma) 24(18):6, septiembre.
24. FAO, Gestión del agua en la agricultura. Departamento de Agricultura y Protección al consumidor [en línea] julio 2006 Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0303spl.htm> [Consulta 2 de marzo de 2008].
25. FAO, 2010. Cuestiones de Agricultura Urbana. Radical (Roma) 13 (4): 12 – 15, julio.
26. FAO, 2001. Global Forest Resources Assessment Main Report. FAO Forestry paper. Roma. Italia. p. 28 – 36.
27. FAO-AG, 2006. Cuestiones de la agricultura urbana. Agricultura 21. Resumen del informe “la Agricultura Urbana y Peri-urbana presentado ante el Comité de Agricultura de la FAO (COAG). No43 Roma. Italia.
28. Fuentes. L. 2003. Técnicas del Riego. 3ª ed. Ediciones Mundi prensa. Madrid. España. 515 p.
29. Funes, F. 2006. Hacia un modelo agroecológico cubano. Conferencia. VII Congreso Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). España. (material mecanografiado) ,47 h.
30. Funes, F. 2009. Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba. Matanzas. 176 p.
31. Funes, F. La agricultura cubana, con énfasis en la agroecología [en línea] septiembre, 2008. Disponible en: [http://boell-latinoamerica.org/download/es/Funes\\_agricultura\\_cubana\\_agroecologia.pdf](http://boell-latinoamerica.org/download/es/Funes_agricultura_cubana_agroecologia.pdf) [consulta: diciembre, 18, 2008].
32. Garret, J. 2005. Lograr la seguridad alimentaria y nutricional urbana en el mundo en desarrollo. Visión 2020, Punto de Enfoque 3. IFPRI. Washington DC. 123 p.
33. Google Earth® for Windows 5.0. Professional Version. Copyright © 2005-2009. 2009 [anónimo].USA.

34. González, P. y Méndez, M. 2004. Panorama del Riego y el Drenajes en Cuba. Ciencias Técnicas Agropecuarias (CU) 13 (2): 51-54, mayo.
35. Grupo Nacional de Agricultura Urbana, 2006. Manual técnico de organopónicos, huertos intensivos y Organoponía Semiprotegida. La Habana: ACTAF. INIFAT, MINAG. P. 52 - 86.
36. Grupo Nacional de Agricultura Urbana, 2003. Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos. La Habana.145 p.
37. Grupo Nacional de Agricultura Urbana, 2007. Manual técnico de organopónicos, huertos intensivos y Organoponía Semiprotegida. La Habana: ACTAF. INIFAT, MINAG. P. 59 – 60.
38. Grupo Nacional de Agricultura Urbana,2009. Informe de las áreas en producción, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba. P. 21-23.
39. Guenkov, G. 1980. Fundamentos de la Horticultura Cubana. Ed. Pueblo y Educacion, La Habana. 308 p.
40. Pérez, H; Carballo, Nelia. 1998. Horticultura. Cultivo de Lechuga. Ed. Pueblo y Educacion, La Habana. P120 -129.
41. IFA. 2000. Fertilizers and Their Use. A pocket guide for extension officers. Fourth edition, 70p.
42. Figueredo, Marbelis; Cuevas, M; Serrano, Maria Elena; Hernández, J. 2004.Producción de alimentos y conservación del suelo y biodiversidad mediante la agricultura orgánica biointensiva XIV Congreso Científico del INCA. La Habana. p.56.
43. Infoagro. El cultivo de la Lechuga [en línea] abril, 2008. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm> [Consulta: octubre, 14, 2008].
44. Instituto de Suelos. 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. AGRINFOR. La Habana. 64 p.
45. Kolmans, E y Vásquez, D. 2008. Una introducción a los principios básicos y su aplicación. Manual de Agricultura Ecológica. Programa Agroecológico de campesino a campesino.49 p.



46. Labrada, C. 2008. Diagnóstico de la calidad en el manejo de los sistemas de riego para la gestión eficiente de una cooperativa en condiciones de agricultura urbana, La Habana.72h..Tesis (en opción al título de Master en Gestión y Desarrollo de Cooperativas)-- Universidad de La Habana.
47. León, R. 2006. Estudio de la sostenibilidad de los recursos hídricos para la producción de hortalizas y vegetales en condiciones de organopónicos. Matanzas.255h.. (Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas)-- Ministerio de educación Superior.
48. León, R. 2009. Los emisores microjet del tipo r-1-140 utilizados en los Organopónicos son fabricados en el Instituto Nacional de Riego y Drenaje de Cuba. Cuba: UMCC. Comunicación personal.
49. Lino, L. 2010. Guerrillero, Más de 300 mill cubanos laboran en la agricultura Urbana. Pinar Del Río(CU),junio 22, : 6.
50. Liriano, R. 2004. Agricultura Urbana en Cuba. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Centro Agrícola (CU) 32 (4): 3-4, marzo.
51. Louise, F La crisis global del agua FAO. [en línea] marzo, 2000. Disponible en: <http://www.cedha.org.ar/docs/doc185-spa.doc> [Consulta: enero, 10, 2008].
52. Maldonado, I. 2000. Tierra Adentro. Sistema de riego localizado (CU) 13 (6): 28-29, Septiembre octubre.
53. Marcelo. T 2003. Estudio del comportamiento del riego localizado subterráneo en comparación con riego localizado superficial, en el cultivo del tomate (*Lycopersicon sculentum*) [en línea] febrero 2008. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos14/riego-subterr/riego-subterr.shtm> [Consulta: [15 de febrero de 2008].
54. Martínez, R; María, León. 2008. Espaciamiento entre goteros de 4 y 8 L/h para riego de hortalizas, en suelo Ferralítico Rojo Compactado.Ciencias Técnicas Agropecuarias (CU) 12 (3): 9-12, mayo.
55. Matsuura, K. El abastecimiento de agua se reducirá un tercio en 20 años. Informe de las Naciones Unidas. [en línea] septiembre, 2007. Disponible en: <http://axxon.com.ar/not/124/c-124InfoAgua.htm> [Consulta: marzo, 17, 2008].

56. Medina, J.1997. Riego por Goteo. 4ª ed. Ediciones MundiPrensa. Madrid, España 511p.
57. MINAGRI, 2000. Manual técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos. INIFAT. Grupo nacional de Agricultura Urbana. ACTAF. P.84-103.
58. MINAGRI, 2002. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. VII Encuentro Nacional de Agricultura Urbana y XV Encuentro Nacional de Organopónicos y Huertos intensivos. Informe Central.
59. MINAGRI, 2003. Departamento de Riego y Drenaje. Balance de áreas bajo Riego en Cuba en el 2002. Ciudad de la Habana Cuba.
60. Minagri, 2007. Manual Técnico de organopónicos y huertos intensivos, INIFAT. Cuba. 184 p.
61. MINAGRI, 1986. Evaluación de la calidad del agua para riego Normativas Centro Nacional de suelos y fertilizantes. Ciudad de la Habana .P. 12-18.
62. Monteith, J. 1985. Evaporation from land Surface Progress Analysis and Predictions Since 1948, proceedingso of the national on Advances in Evaporation.158 p.
63. Montero, J. 2007. Recomendaciones para un adecuado diseño y manejo de los sistemas de riego por aspersión. \* Centro Regional de Estudios del Agua. Instituto de Desarrollo. La Habana. Cuba p. 32-38.
64. Mosca, M, Testezlaf, R y Pereira.E 2005. Desenvolvimento de emissores alternativos para irrigação subsuperficial de baixa pressão. Irriga. Botucatu pp.278:587-594.
65. Murphy, C. 2004. Cultivating Havana Urban Agriculture and Food Security in the years of crisis .Institute for Food and Development Policy, Food First Development Report No.12.
66. Orellana, Rosa. 2003. Los recursos hídricos y el efecto de mulcheo sobre el suelo. Manual de Agricultura Orgánica Sostenible. INIFAT. La Habana. Cuba 58 p.
67. Pacheco. J.1995. Riego y Drenaje. Editorial Pueblo Y educación, La Habana, 414 p.

68. Pacheco, S.2000.Relación agua- rendimiento. En: Riego y Drenaje. Habana. Editorial, pueblo y Educación p 75- 81.
69. Pagés, R. 2006. Fertilizantes orgánicos en más de 2.4 millones de hectáreas. Granma (CU) 18(7): 5- 8, abril.
70. Paneque, V. 2001.La fertilización de los cultivos. Aspectos Teóricos- prácticos para su Recomendación. INCA. 43 p.
71. Peña, E. 2004. Cachaza como sustrato en organopónicos. II Encuentro Nacional de agricultura orgánica. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba.
72. Pizarro, F. 2006. Riegos Localizados de Alta Frecuencia. Editorial Agrícola española, S.A. 3ª Edición. Madrid. España.113 p.
73. Pizarro, F. 2006.Drenaje Agrícola y recuperación de suelos salinos. Editorial Agrícola española, S.A. 2<sup>da</sup> Edición .Madrid España. 123p.
74. Pla, I. 1992. Evaluación de propiedades físicas del suelo con fines de diagnóstico. Bases, uso y aplicación de metodologías sencillas para la evaluación y modelaje de procesos físicos de suelo. 19 p.
75. Ponce, P.La agricultura urbana, una estrategia para el desarrollo nacional [en línea] febrero, 2009. Disponible en: [http://www.senado.gob.mx/reforma\\_campo/content/reu\\_consulta/docs/ Ponce Javana.pdf](http://www.senado.gob.mx/reforma_campo/content/reu_consulta/docs/ Ponce Javana.pdf) [consulta: abril, 12, 2009].
76. Ríos, A. y Ponce, F. 2001. Tracción animal, mecanización y agricultura sostenible. En: Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. La Habana.p. 159-166.
77. Rodrigo, L. 2007. Riego Localizado. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica. Ediciones Mundi-Prensa (2da edición), 405 p.
78. Rodríguez, C. Aspectos a considerar para el desarrollo de una agricultura sostenible en Cuba. [en línea] marzo, 2007. Disponible en: [http://www.nodo50.org/cubasi gloXXI/economia/castellon2\\_311002.htm](http://www.nodo50.org/cubasi gloXXI/economia/castellon2_311002.htm) [consulta: diciembre, 18, 2008].
79. Rodríguez, N. 2008. La Agricultura Urbana en Cuba, avances y desarrollo. Polo Científico del Oeste e La Habana 29 p.

80. Rodríguez, N. 2002. Avances y Perspectivas de la Agricultura Urbana en Cuba, En: Alimentos y salud, Simposio de la Asociación Culinaria Latinoamericana, La Habana, 19 p.
81. Rodríguez, Yasmín. 2007. Influencia de la altura del emisor en la uniformidad del riego en organopónicos. 68 h. Trabajo de Diploma (Tesis en opción al título de Ingeniera Agrónoma)... Universidad de Matanzas.
82. Pérez, S. La agricultura urbana y la producción de alimentos: la experiencia de Cuba [en línea] diciembre, 2008. Disponible en: [http://www.nodo50.org/cubasi gloXXI/economía/castellon4\\_310503.pdf](http://www.nodo50.org/cubasi gloXXI/economía/castellon4_310503.pdf) [consulta: enero, 12, 2009].
83. Salazar, L. 2007. Guía para estudio de Evapotranspiración en riego superficial Ministerio de la Agricultura Lima Perú. 15 P.
84. Sapir, E; Sneh, M. 2002. Riego por aspersión. CINADCO, MASHAV, Servicio de Extensión Departamento de riego y Suelos. Israel. 35 P.
85. Serrano, D 2007. Uso de policultivos en sistemas integrados Agricultura-Ganadería. Agricultura Orgánica.5 (3):24-27, Marzo.
86. Solano, O. Menéndez, C.Vázquez, R. y Menéndez, J. 2003. Zonificación de las reservas de humedad productiva del suelo. METANICA 2003. 8va convención y feria de las industrias metalúrgicas. Palacios de las Convenciones Ciudad de La Habana del 14 al 18 de Julio.
87. Statistical Graphics Corporation™. 2001. Statgraphics® Plus for Windows 5.1. Professional version. Copyright © 1994-2001.2001.[ anónimo]. USA.
88. Thornthwaite, C. And Penman. 2000 .Water Balance. Drexel Inst. Of Tech- nol. Lab. Climatology. Ceterton. New Jersey.
89. Treto, E. 2002. Avances en manejo de suelos y nutrición orgánica. En: Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. La Habana, p. 167-190.
90. UNESCO, (2009). Planeta Tierra. Incremento de la población mundial y producción de alimentos .España. p206.

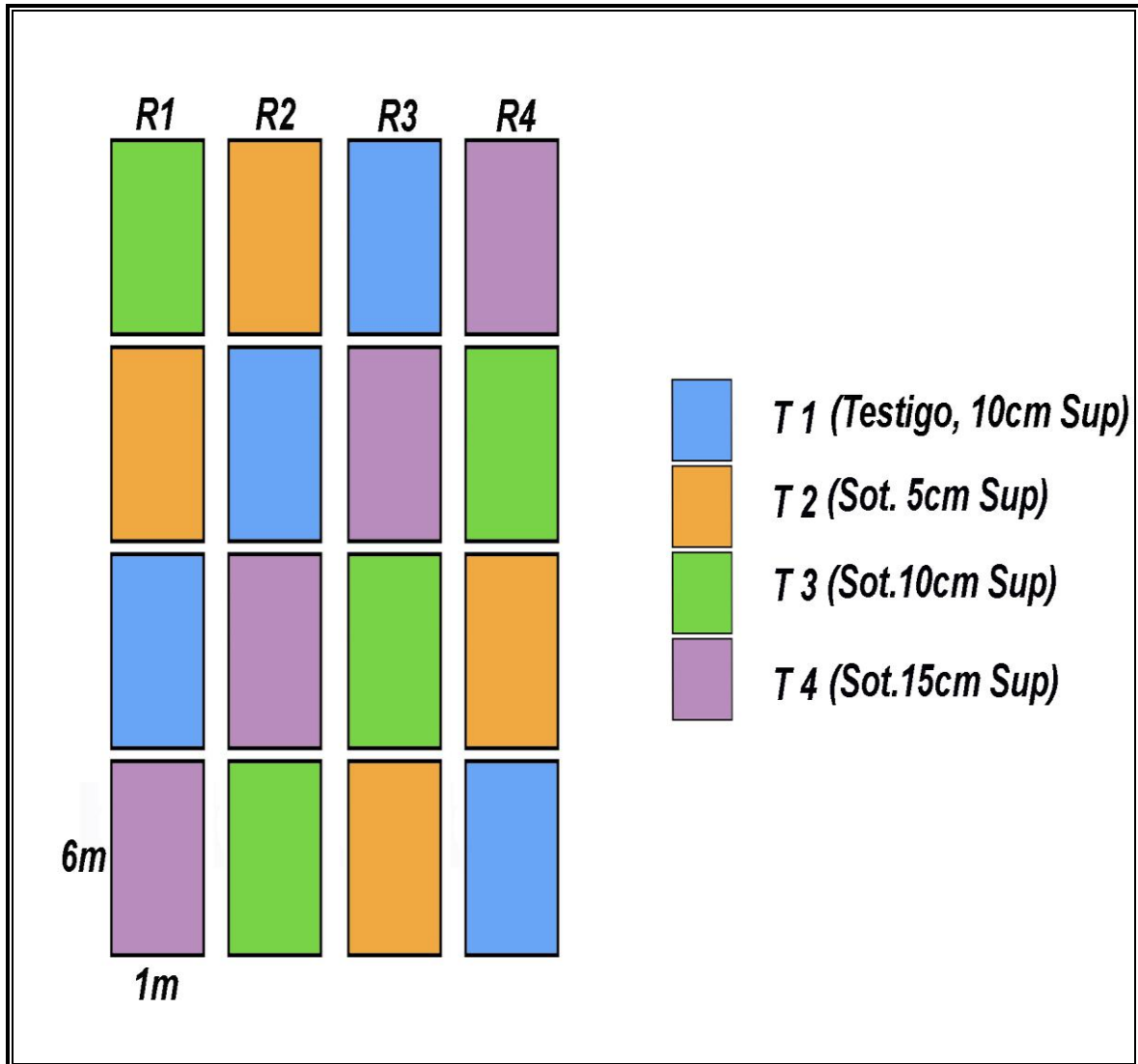
91. UNESCO, 2000. Agua para todos agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo WWAP.Paris Francia
92. UNESCO, 2008. Agua para todos agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. Paris Francia.32 p.
93. Urbano, P. 2005. Fitotecnia .ingeniería de la producción vegetal. España. Ediciones Mundiprensa p.324- 351.
94. Urbano, P. (2002).Ingeniería de la producción Vegetal .Calculo de las necesidades de agua de riego para los cultivos. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.223 p.
95. Valdés, O. 2003. Historia de la Reforma Agraria en Cuba. Edit. Ciencias Sociales. C. de La Habana p.32 – 45.
96. Venegas, R. 2009.Agricultura sustentable e investigación agroecológica. Agroecología y desarrollo. La Habana. p.13-21.
97. Vermeiren, L. y Jobling, N. (2003). Riego .Panorama de riego localizado. FAO, Ginebra. P. 45 – 67.
98. Willer, H. & Yussefi, M. 2005. Organic Agriculture World Wide. Statistics and Future prospects. Special publication. Foundation for Ecology and Agriculture, Stuttgart, Germany. P.214.
99. Zamora H. E. y Chaterlán D. Y. 2003.Estrategia ambiental de riego y drenaje para la seguridad alimentaría en Cuba. Ciencias técnicas agropecuarias (CU) 12(3):1-3, febrero.

## ANEXOS

ANEXO 1. Ubicación geográfica de las parcelas de estudio dentro de la Universidad.



ANEXO 2. El Diseño Experimental de la investigación..



Donde:

R: Réplica (cantero).

T: Tratamiento.



ANEXO 3. Vista parcial de la conformación de los canteros junto con los cultivos de la lechuga variedad Fomento 95 y la zanahoria variedad New kuroda.





ANEXO 4. Emisor r-1-140 utilizado en el riego.



ANEXO 5. Uniformidad del agua infiltrada

