

**UNIVERSIDAD DE LA HABANA**  
**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES**  
*INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RIEGO Y DRENAJE*

**DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD EN EL MANEJO DE LOS SISTEMAS DE  
RIEGO PARA LA GESTION EFICIENTE DE UNA COOPERATIVA EN  
CONDICIONES DE AGRICULTURA URBANA**



**Tesis presentada en opción al Título de Máster en Ciencias en la especialidad de  
Gestión y Desarrollo de Cooperativas**

**Autor: Ing. Clara Labrada Fernández**

**Tutores: Dra. Teresa López Seijas  
Dra. Rosa Mayelin Guerra Bretaña**

**La Habana, 2008**

*A la Revolución Cubana por la oportunidad de formarme en este Programa de Maestría*

*A mis hijos queridos*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tutora y amiga, Dra. Teresa López Seijas por todo el tiempo que dedicó a la orientación y revisión exhaustiva y precisa de este trabajo de Tesis.

A la Dra. Rosa Mayelin Guerra Bretaña de la Universidad de La Habana, por su constante orientación y guía en mi formación como maestrante y en especial para la realización de este trabajo.

A todos los profesores de la FLACSO por los valiosos conocimientos transmitidos y sus experiencias que me ayudaron a mi formación en este Programa de Maestría.

A los directivos, técnicos y obreros de la UBPC Vivero Alamar por la colaboración entusiasta e interesada en el buen desempeño de este trabajo investigativo.

A la MSc. Gloria Saavedra por la valiosa colaboración brindada en la realización de las evaluaciones de campo y el procesamiento de la información y por sus consideraciones sobre el trabajo que lo enriquecieron grandemente.

A todos los compañeros del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje que también han estado vinculados de una forma u otra al desarrollo de mi trabajo de investigación para la maestría; y en especial a aquellos que me han brindado su valiosa cooperación en el trabajo de campo, de recopilación de información, así como en el procesamiento y revisión de este trabajo de Tesis: MSc. Omar Puig, Ing. Carlos Morales, MSc. Marta P. Ricardo, MSc. Geisy Hernández.

Al Ing. Raúl Guzmán y Magdalena Silverio por toda la ayuda y el apoyo incondicional que me dieron y que me impulsó a terminar exitosamente este trabajo.

A mi esposo e hijos por todo el apoyo material y espiritual brindado y la paciencia por todo el tiempo restado a su atención.

En fin, a todos los que de una forma u otra me han ayudado, GRACIAS.

## **RESUMEN**

El objetivo general de este trabajo fue realizar un diagnóstico exploratorio de la calidad en el manejo de los sistemas de riego en una cooperativa en condiciones de Agricultura Urbana. La investigación se realizó en dos fases, una primera donde se hizo el diagnóstico de la calidad en el manejo del riego en la UBPC Organopónico Vivero Alamar, a partir de entrevistas, encuestas y la recopilación de toda la información disponible; y una segunda fase de evaluaciones de campo en áreas representativas de los sistemas de riego localizado y por aspersión, donde se determinó la eficiencia de operación tomando como indicador el Coeficiente de Uniformidad. Los resultados del diagnóstico fueron procesados a partir de la técnica de la matriz DAFO definiendo las fortalezas y debilidades de la gestión del riego en la cooperativa así como las oportunidades y amenazas que ofrece el entorno actual para la proyección estratégica en materia de calidad de la gestión del recurso agua en esta cooperativa que permita incrementar la rentabilidad de la producción agrícola. En este sentido se definieron las potencialidades de la UBPC para la mejora de la gestión del riego que están dadas por la existencia de una estrategia de capacitación y normalización ministerial en materia de riego y drenaje, las condiciones de dirección colectiva del sistema cooperativo, la infraestructura de riego disponible así como el ahorro de recursos agua y energía que implicaría el aumento de la eficiencia de los mismos. Por otra parte los resultados de las evaluaciones de campo demostraron la ineficiencia en la operación de los sistemas de riego existentes en la cooperativa, con valores de coeficientes de uniformidad para el sistema de riego localizado entre 67% - 74%, los cuales resultan inaceptables para este tipo de sistemas y está asociado en gran medida a un diseño hidráulico incorrecto. En el sistema de riego por aspersión para el espaciamiento de 9m x 9m, que es el diseño con el que se trabaja este sistema, el coeficiente de uniformidad que se alcanzó es muy bajo (51,3%), lo que implica un solape entre aspersores inaceptable y por tanto una menor eficiencia de aplicación del agua (80%), lo cual puede influir en los bajos rendimiento agrícolas. Las simulaciones realizadas demostraron que este diseño debe ser sustituido por el marco de plantación de 6m x 6m para lograr una mejor distribución del riego. Por último todos estos resultados se integraron en un plan de acción específico que permitirá facilitar la implementación futura de un sistema de gestión de la calidad en las condiciones técnico productivo de la UBPC Organopónico Vivero Alamar que asegure una gestión eficiente de esta empresa agrícola.

## **INDICE**

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>1 REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	<b>5</b>
1.1 El movimiento cooperativo mundial y cubano	5
1.2 Investigación Acción Participativa (IAP) y la Participación Social. Importancia para el sector cooperativo.	7
1.3 Sistemas de Gestión de la Calidad: situación actual en el mundo y en Cuba; características en el sector agrícola.	9
1.4 Particularidades de la gestión de la calidad en el manejo de los sistemas de riego y drenaje.	12
1.4.1 Sistemas de Riego: principales tipos de sistemas y características de la calidad en los mismos.	14
1.4.2. Particularidades de la eficiencia de los sistemas de riego	16
1.4.2.1. Eficiencia en los sistemas de riego por aspersión.	16
1.4.2.2. Eficiencia en los sistemas de riego localizado.	19
1.4.2.3. Parámetros generales para la evaluación de la eficiencia de sistemas de riego.	25
1.5 Consideraciones generales sobre la revisión bibliográfica.	29
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>31</b>
2.1 Localización y características generales de la UBPC “Organopónico Vivero Alamar”.	31
2.2 Estado actual de las áreas productivas de la UBPC.	31
2.3 Estructura organizativa de la UBPC.	33
2.4 Características del suelo presente en la UBPC en estudio.	34
2.4.1 Propiedades más destacadas del perfil del suelo.	35
2.5 Características climáticas de la zona de estudio.	36
2.6 Calidad del agua para riego	38
2.7 Características generales de los sistemas de riego existentes en la UBPC.	39
2.8 Características generales de la investigación a realizar en la UBPC.	39
2.9 Métodos empleados en la primera fase del estudio.	40
2.10 Metodología utilizada para la segunda fase del estudio.	42
2.10.1 Determinación del coeficiente de uniformidad de caudal y	42

<b>presión en los sistemas evaluados.</b>	
<b>2.11 Base normativa y herramientas de trabajo para los estudios de calidad en el manejo de los sistemas de riego.</b>	<b>45</b>
<b>1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</b>	<b>47</b>
<b>2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>72</b>

## INTRODUCCIÓN

La crisis económica de los años 90, como consecuencia de la desintegración del campo socialista, hizo imperiosa una reforma estructural en la agricultura cubana, pendiente a modificar sustancialmente el mecanismo de funcionamiento de la economía agraria imperante en ese entonces. **(Cruz, 2000)** El 10 de Septiembre de 1993, el Buró Político del Comité Central del Partido Comunista de Cuba marcó la pauta para llevar a cabo importantes innovaciones en la agricultura estatal cubana, identificadas con la creación de las Unidades Básicas de Producción Cooperativas (UBPC) **(Cepa, 2007)**.

Según **Sulroca (2002)** muchos investigadores y estudiosos de la economía cubana consideran la creación de las UBPC como la medida más significativa tomada por la Revolución después de las Leyes de Reforma Agraria. **(Figueroa, 1996 y Pérez, 1998)** Aunque las cooperativas como organizaciones productivas datan del siglo XIX, según la literatura consultada no hay antecedentes de cooperativas agrícolas constituidas por obreros, lo que le imprime a las UBPC algo muy novedoso para Cuba e internacionalmente **(Arias, et al, 1998)**.

La situación económica productiva experimentada en los primeros años por estas unidades no cumplió con las expectativas deseadas, por diversas causas. No obstante, en los últimos años se observa una recuperación de los indicadores económicos y productivos como consecuencia de las medidas adoptadas a partir del Parlamento Nacional de las UBPC celebrado en 1996 y presidido por nuestro Comandante en Jefe. **(Lamadrid, 2002)**

Una de las consecuencias más importantes de este proceso de cooperativización obrera del área estatal, ha sido la de situar al hombre como centro de la actividad económica empresarial en la agricultura, dándole un peso significativo en la gestión a la participación real de todos los trabajadores y muy especialmente en la toma de decisiones, hecho sin precedentes en el sector antes de la reforma. **( Sulroca, 2002)** Las UBPC a nuestro juicio representan un reto que tenemos que enfrentar en el siglo XXI, constituyendo una alternativa socialista para enfrentar la política imperialista neoliberal que preconiza la privatización como base del desarrollo agropecuario. Forman además el núcleo agrícola empresarial de dirección participativa que facilita el proceso de consolidación de la propiedad socialista sin tener que renunciar a nuestros principios de construir una sociedad más justa y equitativa, “*con todos y para el bien de todos*” como señalara nuestro apóstol José Martí.

En estas nuevas formas cooperativas, la tierra es entregada al colectivo que la laboraba bajo las condiciones anteriores de uso y tenencia estatal, que de ahora en adelante se convirtieron en propietarios colectivos, bajo condiciones de usufructo indefinido, sin pago de renta y le fueron vendidos el resto de los medios de producción que conforman la UBPC, en condiciones de crédito blando y con un periodo de gracia establecido. Este proceso marcó pautas para llevar a cabo importantes innovaciones en la agricultura estatal cubana.

**(Resolución No.160 (1993))**

Desde su creación las UBPC han registrado un proceso ascendente de recuperación económica y han ido ocupando una participación importante en producciones tales como tubérculos y raíces, plátanos, arroz, cítricos, café y leche. Por otra parte en este mismo periodo se desarrolla la Agricultura Urbana a partir de los años 90, cuando se autorizó mediante el gobierno local a que la población utilizara espacios vacíos urbanos y periurbanos de propiedad estatal y se destinaron recursos y financiamiento para la construcción de organopónicos.

En los últimos años se han incorporado fuentes de financiamiento externo al desarrollo y perfil de la Agricultura Urbana, además de proyectos y equipamiento para la introducción de tecnologías de punta, como son las casas techadas para la producción de posturas y el cultivo intensivo de hortalizas (casas de cultivo) (Pérez, 1997).

En el Informe Central presentado por el Grupo Nacional de Agricultura Urbana en su VII Encuentro Nacional, realizado en el 2002, se trazan pautas para el uso y manejo eficiente del agua en los sistemas urbanos de producción donde su mayor impacto esta en la contribución a la seguridad alimentaria de la población.

El agua es un factor limitante en la producción agrícola cubana, ya que la misma es escasa en el periodo del año donde se tienen las condiciones climáticas más adecuadas para el desarrollo de la mayoría de los cultivos agrícolas de interés (Noviembre-Marzo), y por tanto, el riego en esta época es vital para obtener rendimientos óptimos. Por otra parte, en las condiciones de la agricultura urbana, el agua para el riego compite con el agua para el uso de las poblaciones que rodean a las empresas agrícolas, por lo que se hace aun más necesario el manejo, conservación y uso eficientes de los recursos hídricos para la producción de cultivos de alto valor económico como hortalizas, vegetales, hierbas aromatizantes y especies.

La UBPC Vivero Organopónico Alamar, centro de referencia nacional, contribuye social, ecológica y económicamente al mejoramiento de las condiciones de vida de la comunidad en que se desarrolla. Durante su desempeño ha demostrado el interés por trabajar en función de

la disciplina tecnológica, la utilización de abonos orgánicos, la vinculación del hombre al área, y sus resultados económicos alcanzados así lo demuestran.

**Problema de Investigación:** Esta UBPC carece de un estudio integral sobre la calidad en el manejo de los sistemas de riego con que cuenta.

Este estudio es de vital importancia para la implementación de un sistema de gestión de la calidad en esta práctica productiva. Por todas estas razones nos planteamos como **hipótesis científica** de este trabajo de tesis lo siguiente:

*La realización de evaluaciones de campo de los parámetros que definen la eficiencia en la operación y gestión de los sistemas de riego instalados así como un diagnóstico general del sistema de gestión de la calidad del manejo del agua posibilitará conocer la calidad en el manejo de los sistemas de riego de la UBPC.*

Este estudio constituye un elemento importante para la gestión eficiente de esta cooperativa en condiciones de agricultura urbana y contribuirá a una mayor eficiencia en el uso de los recursos, la elevación de los rendimientos y la disminución de los costos.

Y para demostrar esta hipótesis este trabajo se traza los siguientes objetivos:

### **OBJETIVO GENERAL:**

Realizar un diagnóstico exploratorio de la calidad en el manejo de los sistemas de riego en una cooperativa en condiciones de Agricultura Urbana.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Realizar un diagnóstico en base a la información existente y la aplicación de encuestas sobre el sistema de gestión del riego de la UBPC Organopónico Vivero Alamar, para definir la proyección estratégica y alternativas de solución de la problemática existente.
2. Realizar evaluaciones de la eficiencia del manejo del riego en áreas representativas de la UBPC estudiada a partir de los indicadores coeficiente de uniformidad de caudal y de presión de los principales tipos de sistemas de riego existentes.
3. Elaborar a partir de los resultados de este estudio un plan de acción que permita proponer una estrategia para la implementación futura de un Sistema de Gestión de la Calidad en la actividad del riego para las condiciones de la Agricultura Urbana.

### **Aporte científico, teórico y práctico 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 en las Unidades Básicas Cooperativas (UBPC) por su carácter participativo, porque permite el aprendizaje colectivo unido a su dimensión investigativa y contribuir al rescate y la valoración del conocimiento local; por propiciar que el equipo de investigación se convierta en facilitador del proceso de aprendizaje e investigación y por la utilización de diferentes técnicas y medios participativos como herramientas para facilitar el proceso.

Este trabajo se introduce en una temática novedosa y de gran actualidad como es la identificación de la gestión de la calidad como parte importante dentro de un sistema de gestión eficiente de una cooperativa en condiciones de Agricultura Urbana y muy particularmente en el manejo del riego en estas condiciones de producción.

Desde el **punto de vista teórico** aporta herramientas de trabajo para estudios de diagnóstico de la calidad en 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 plan de acción generado con las herramientas de gestión de calidad aportan beneficios potenciales en todas las actividades. En el aspecto productivo ambiental favorece la reducción de los costos, el ahorro de recursos naturales, la introducción de nuevas tecnologías, el control y la eficacia de los procesos productivos, propicia la calidad sanitaria y la inocuidad de la producción de los alimentos, entre otros.

**En el aspecto social** aporta beneficios ya que el plan de acción que se propone involucra la participación de los trabajadores vinculados a la actividad del riego en la gestión de la cooperativa, lo que implica en su comprensión más general y global tener en cuenta las capacidades, condiciones, posibilidades y motivaciones de los mismos. Este instrumento considera la participación como una estrategia que puede convertirse en un eficaz medio para lograr afianzar el sentimiento de pertenencia al manejo y mejoramiento de los sistemas de riego instalados en la UBPC del colectivo de trabajadores.

Para poder conocer y transformar la realidad es necesario producir conocimientos, pero vinculados a la acción social. Este tema se aborda dentro de este estudio a partir de la aplicación de la Investigación Acción Participativa, donde las personas, al mismo tiempo que producen el conocimiento lo utilizan en su acción transformadora, lo que presupone un compromiso de los involucrados en relación con la acción.

## 1. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 1.1 El movimiento cooperativo mundial y cubano

El cooperativismo es una ideología y una práctica socioeconómica que nació en el siglo XIX europeo y se sustenta en la creencia de que es posible la existencia de la pequeña producción mercantil capitalista basada en la cooperación como antítesis a la gran producción burguesa, cuya esencia es la obtención de ganancias mediante la explotación del hombre por el hombre. **(Jiménez, 2006)**

El cooperativismo, por su tamaño y la extensión de su movimiento, es la forma de organización socio-económica de carácter universal más grande del mundo. Las cooperativas se encuentran en todos los países del mundo, en las más diversas culturas y economías.

Owen (1771-1856), industrial textil inglés, es considerado uno de los generadores principales de las ideas cooperativas. Fue capaz de elaborar una teoría acerca del valor del trabajo, expresando que *“la fuerza del trabajo humano es lo único capaz de dar valor a las mercancías”* **(Lenin, 1975)**.

La primera experiencia exitosa del cooperativismo moderno se llevó a cabo en Rochdale, Inglaterra, el 28 de octubre de 1844, cuando se fundó la primera Cooperativa en el Registro Civil, con el nombre de "Rochdale Society of Equitable Pioneers". Representó una síntesis del pensamiento social anterior, y una formulación y sistematización de los principios cooperativos, creando una organización asociativa práctica que superaba gran parte de los errores románticos anteriores. Sus normas fueron la adhesión libre, el control democrático, la devolución o bonificación sobre las compras, el interés limitado al capital, la neutralidad política y religiosa, las ventas al contado, y el fomento de la enseñanza. Fue en 1895 en Londres donde se constituyó la Alianza Cooperativa Internacional (ACI)<sup>1</sup>

En Cuba, donde el movimiento cooperativo se desarrolló sobre la transformación de las estructuras sociales que posibilitó la Revolución, las bases del cooperativismo partían de una concepción genuinamente socialista.

El movimiento cooperativo cubano está integrado por tres tipos de cooperativas: las Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) surgidas en la década del 60, las Cooperativas de

---

<sup>1</sup> La ACI es una organización no gubernamental independiente que reúne, representa y sirve a organizaciones cooperativas en todo el mundo. Cuenta entre sus miembros más de 250 organizaciones de más de 100 países que representan más de 730 millones de personas de todo el mundo.

Producción Agropecuaria (CPA) creadas en 1976 y las Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) constituidas en 1993.

Desde los primeros años de la revolución después de su triunfo, la Revolución Cubana reconoció al cooperativismo agrícola como una forma de cooperación que permite ventajas para la modernización de los cultivos y como una vía de explotar la tierra en forma colectiva. **(Rodríguez, 1983).**

El año 1993 es considerado uno de los momentos más difíciles dentro del desarrollo de la economía cubana y en el sector agrario se vio más agudizada la crisis económica. Una de las estrategias adoptadas para enfrentar esta situación fue la constitución de las UBPC, que representó una importante transformación de la agricultura cubana y es considerada por muchos especialistas en el tema como una tercera Ley de Reforma Agraria.

Según los acuerdos tomados el 10 de septiembre de 1993 por el Buró Político las UBPC están sustentadas en cuatro principios básicos (**Gaceta Oficial de la República de Cuba, 2002**):

- 1. La vinculación del hombre al área como forma de estimular su interés por el trabajo y su sentido concreto de responsabilidad individual y colectiva,*
- 2. El autoabastecimiento del colectivo de obreros y sus familias con esfuerzo cooperado, así como mejorar progresivamente las condiciones de vivienda y otros aspectos relacionados con la atención del hombre,*
- 3. Asociar rigurosamente los ingresos de los trabajadores a la producción alcanzada,*
- 4. Desarrollar ampliamente la autonomía de la gestión. Las unidades de producción que se proponen deben administrar sus recursos y hacerse autosuficientes en el orden productivo.*

Las características de estas nuevas cooperativas son: *Tendrán el usufructo de la tierra por tiempo indefinido, Serán los dueños de la producción, Venderán su producción al Estado a través de la Empresa o en la forma que éste decida, Pagarán el aseguramiento técnico-material, Operarán cuentas bancarias, Comprarán a créditos los medios fundamentales de producción, Elegirán en colectivo a su dirección y ésta rendirá cuenta periódicamente ante sus miembros, igual que se hace en las Cooperativas de Producción Agropecuarias, Cumplirán las obligaciones fiscales que les correspondan como contribución a los gastos generales de la nación* (**Reglamento General UBPC MINAZ, 2003**).

Según plantea Nova (2004) la creación de las CCS, CPA y las UBPC muestran una importante expresión de la política agrícola del país, confirmando al movimiento cooperativo como la base fundamental sobre la cual se erige el sistema económico empresarial agrícola.

El momento en que surgieron estas nuevas formas cooperativas no pudo ser mas difícil y complejo, debido al brusco desmantelamiento de los sistemas productivos que hasta entonces habían predominado en la agricultura estatal cubana, dependientes de una logística totalmente importada, lo que implicó una reconversión tecnológica sin precedentes y no prevista, además del profundo cambio estructural planteado, al pasar la producción agropecuaria nacional en un 70% a ser generada por sujetos no estatales, considerando las formas de producción campesinas, las UBPC y los nuevos usufructuarios, sin que se tuviera una clara percepción del nuevo sistema de relaciones de producción que se generaría en el nuevo escenario (Fernández, et al. 2007).

El proceso de creación de las primeras cooperativas en Cuba hasta las más recientes en 1993, ha estado caracterizado por el apoyo material y el seguimiento por parte de las instituciones estatales, resaltando la preocupación existente hacia el ser humano que labora en dichas unidades productivas (Jiménez, 2006).

## **1.2. Investigación Acción Participativa (IAP) y la Participación Social. Importancia para el sector cooperativo**

Por lo general, se reconoce que la participación social puede contribuir al surgimiento del compromiso y la identificación del individuo con la entidad en que labora. Si se considera que un elevado grado de participación real de los miembros de las UBPC en la toma de decisiones puede dar lugar a sentimientos de participación y pertenencia, es preciso definir conceptualmente el proceso de participación social y deducir sus posibles implicaciones e importancia práctica para el movimiento cooperativo cubano.

En opinión del sociólogo Dávalos (1997), la participación es “ *un proceso que está vinculado a las necesidades y motivaciones de los distintos grupos y sectores que integran una sociedad, así como a la dinámica de las relaciones establecidas entre ellos en distintos momentos, condiciones y espacios lo que va conformando todo un conjunto de redes que estimulan u obstaculizan el desarrollo de auténticos procesos participativos... la participación es un fenómeno de contenido y orientación eminentemente humano que implica en su comprensión más general y global: capacidades, condiciones, posibilidades y motivaciones*”.

**(Jiménez, 2006a y 2006b)** plantea sobre lo expuesto por Dávalos, que es válido considerar la participación como una estrategia que puede convertirse en un eficaz instrumento para lograr afianzar el sentimiento de pertenencia a un grupo determinado, a un colectivo específico.

En los principios de la década de los 60 surge la Metodología de Investigación Acción Participativa (IAP) lo que constituye una importante corriente del pensamiento social.

**González (2006)** citando a **Darcy y Darcy (1981)** plantea que la metodología de investigación acción es una propuesta político- pedagógica que busca realizar una síntesis entre el estudio de los procesos de cambio social y la involucración del investigador en la dinámica misma de estos procesos.

La IAP constituye un importante método para el desarrollo de las experiencias en las Unidades Básicas Cooperativas (UBPC) por su carácter participativo, porque permite el aprendizaje colectivo unido a su dimensión investigativa; contribuye al rescate y la valoración del conocimiento local; por propiciar que el equipo de investigación se convierta en facilitador del proceso de aprendizaje e investigación y por la utilización de diferentes técnicas y medios participativos como herramientas para facilitar el proceso.

Para poder conocer y transformar la realidad es necesario producir conocimientos, pero vinculados a la acción social, es por ello que la relación entre conocer y hacer se replantea dentro de la IAP. Las personas, al mismo tiempo que producen el conocimiento lo utilizan en su acción transformadora, lo que presupone un compromiso de los involucrados en relación con la acción.

La IAP al buscar la unidad entre teoría y práctica rompe con esquemas tales como el de la división entre los investigadores y los ejecutores, de esta manera se permite el desarrollo del pensamiento creativo pues se trata de aprender haciendo. Esto significa pasar de un enfoque centrado en transmitir conocimientos de “expertos”(investigadores) a producir y elaborar conocimientos en acciones compartidas por investigadores e investigados. **(Salazar, 1992 citado por Muñoz, 2003).**

Por otra parte el conocimiento de los factores que inciden en el desarrollo de las organizaciones productivas constituye uno de los objetivos básicos del análisis empresarial. En este sentido, la técnica de grupo conocida como matriz DAFO es una herramienta que ha sido utilizada con efectividad en diversas condiciones **(Sulroca, 2002)**

La matriz DAFO expresa los aspectos internos que caracterizan la evolución, ya sea de forma positiva o fortalezas, las cuales a su vez agrupan los elementos que aportan valores para el cumplimiento de la misión, o bien aquellos que actúan de forma negativa denominados como

debilidades, que representan las insuficiencias que impiden el aprovechamiento de las potencialidades de la organización. (**Glagousky, 2000**).

No obstante, el entorno ejerce una gran influencia en el desempeño de las UBPC modificando los resultados obtenidos de forma tal que su acción puede ser favorable denominándose como oportunidades, o bien pueden ejercer un carácter restrictivo constituyendo entonces las amenazas.

La técnica de la matriz DAFO (**Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades**) relaciona de forma combinada las condiciones del entorno que inciden en el comportamiento interno de las UBPC, pudiendo atenuar o agravar los resultados obtenidos o futuros, de aquí su importancia para la evaluación estratégica del desarrollo de una UBPC en cualquiera de sus aspectos productivos.

### **1.3. Sistemas de Gestión de la Calidad: situación actual en el mundo y en Cuba; características en el sector agrícola**

Las nuevas corrientes del mercado parten del hecho de que todo producto exitoso es aquel que satisface las necesidades del consumidor. Esta concepción nace de una perspectiva que se empieza a gestar después de la Segunda Guerra Mundial, cuando se inicia una presión competitiva en los productos similares en el mercado. (**Rodríguez, 2002**)

La preocupación por la calidad no es un fenómeno reciente, sino que ha estado presente por cientos de años. Probablemente, es un concepto tan antiguo como el comercio, el cual comenzó tan pronto como el hombre estuvo en capacidad de producir bienes en exceso, los cuales podían ser ofrecidos en intercambios por otros productos deseados. La perspectiva de calidad estuvo enfocada inicialmente en la conformidad del producto más que en otra cosa.

Los japoneses fueron los primeros en reconocer la importancia de la calidad en la administración y llegaron más allá de la calidad en la producción, ellos fijaron estrategias que ahora forman las bases del pensamiento en calidad y los esfuerzos internacionales en este campo.

La calidad depende de la eficiencia con que se produzca y las acciones de protección al medio ambiente que se realicen para una producción más limpia. Es una oportunidad de mejorar la eficiencia productiva y de negocios, está íntimamente vinculada con la aplicación de buenas prácticas en el ciclo completo de la producción y los servicios, en la aplicación de la ciencia y la innovación tecnológica (**Tabloide Universidad para Todos, 2007**)

El cambio global que ha generado el concepto de agro negocio en el mundo obliga a las organizaciones a elaborar estrategias de calidad del producto, artículo o servicio desde la adquisición de los suministros hasta la post-venta.

A partir de la desintegración del campo socialista y por ende del Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), el mundo pasa a experimentar la intensificación de la economía de mercado y de la globalización, enraizada en los flujos financieros y la revolución tecnológica en varias áreas, y enfatizando en la evaluación de la calidad en la producción y los servicios sobre la base de patrones internacionales. Es así que se crean bloques de países donde para participar en el mercado, se obliga a los productores a cumplir normativas para la calidad de sus productos.

Con el incremento del intercambio comercial, aumenta también la presencia en el país de productos extranjeros más competitivos, por lo que las producciones nacionales se ven obligadas a elevar cada vez más su calidad para enfrentarse a una competencia cada vez más fuerte que puede restringir grandemente su comercialización.

Las características del comercio en el mundo de hoy obligan a la búsqueda de un alto nivel de satisfacción del cliente, lo cual debe ser el mayor objetivo de todos los procesos y servicios que se ejecuten y es uno de los principios fundamentales de la Gestión de la Calidad en las organizaciones.

La ISO es la Organización Internacional de Normalización, la cual es una organización no gubernamental (ONG) que elabora los documentos normativos de consenso internacional, entre los que se encuentran las herramientas fundamentales para que las entidades formulen sus Sistemas de Gestión de Calidad, las normas de la serie ISO 9000. **(ISO 9000: 2005)**

La aplicación de las normas ISO 9000 para los Sistemas de Gestión de la Calidad y las normas de acreditación de la competencia técnica de laboratorios de calibración y ensayos (ISO/IEC 17025) se encuentran muy extendidas en el mundo en las empresas de producción industrial y de servicios de medición y ensayo, entre otras, no siendo así en las empresas agrícolas, donde no todos los factores que influyen en la producción son controlados por el hombre.

En este sentido, existe una tendencia mundial, hacia la aplicación de técnicas de calidad e inocuidad de los alimentos, como son las buenas prácticas de producción y los sistemas de análisis de peligros y puntos críticos de control en condiciones de campo, para aquellas producciones que son consumidas sin cocción como las hortalizas y frutas frescas, **(FAO, 2003a)**

Los principios que rigen el mercado internacional y el mercado de frontera, donde participan entidades extranjeras, marcan un reto importante para el país, el cual debe tener la voluntad política para la aplicación de los resultados de la ciencia y la innovación tecnológica y los Sistemas de Gestión de la Calidad y Ambiental, de manera que se logre incrementar los rubros comerciables, alcanzar nuevos mercados, mantener los existentes, y mantener la seguridad alimentaria de la población con una producción orgánica sostenible.

La implantación en el país de un mercado interno en divisas ha permitido la presencia de empresas extranjeras que tienen la posibilidad de ofertar sus producciones, lo que representa una fuente de competencia con los productores del país, los cuales se han visto precisados a mejorar la calidad en general y ha permitido que algunos productores hayan ganado en cultura y ocupación con la aplicación de ciertos elementos de control en este sentido.

En medio del creciente esfuerzo por la recuperación económica que se observa en el país, a pesar de las dificultades derivadas de las pérdidas de nuestros mercados tradicionales y el recrudecimiento del bloqueo, se precisa con urgencia el fortalecimiento de la infraestructura de Gestión de la Calidad en cualquier organización.

En estos momentos existen organismos de la administración central del estado como son el MIP, MIMBAS y SIME, entre otros, que se han visto obligados a la implementación de Sistemas de Gestión de la Calidad que garanticen la obtención de productos y servicios que satisfagan las exigencias de sus clientes, los cuales demandan índices de calidad acordes a los requerimientos impuestos por los mercados europeos fundamentalmente, **(MINAG, 2003)**

Los Sistemas de Gestión de la Calidad constituyen un traje a la medida que se define en cada organización propiciando beneficios potenciales en todas las actividades. En el aspecto productivo favorece la reducción de los costos, el ahorro de recursos naturales, la introducción de nuevas tecnologías, el control y la eficacia de los procesos productivos, propicia la calidad sanitaria y la inocuidad de la producción de los alimentos, entre otros. **(Arteche, 1993)**

En la agricultura cubana se han dado importantes pasos encaminados al diseño e implementación del Perfeccionamiento Empresarial en muchas de sus entidades productivas y en menor grado en las científicas y se ha comenzado la elaboración de la documentación para la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad según las normas ISO 9000 a nivel ministerial, lo que evidencia el interés estatal por la aplicación de un enfoque de la calidad en la producción de los bienes y servicios que se ofertan, tanto en el mercado interno como en las exportaciones, **(MINAG, 2003)**

La Gestión de la Calidad dentro de la producción agrícola en general y muy particularmente en condiciones de producción cooperativa dentro de la Agricultura Urbana, tiene una marcada incidencia sobre la mejora de la calidad de vida de la población.

Como es conocido, uno de los elementos fundamentales en la mejora de la calidad de vida de la población, lo constituye la seguridad alimentaria de la misma y dentro de ésta la producción de viandas, hortalizas y vegetales es un elemento de primera importancia. No obstante, estas producciones deben tener una adecuada calidad y ser inocuas para lograr una plena satisfacción de los consumidores y evitar que se dañe la salud de los mismos (**INIFAT/FAO, 2003**)

La elevación de la calidad de la producción y los servicios en nuestro país ha sido considerada como un aspecto vital en los congresos del Partido Comunista de Cuba y en la plataforma programática del mismo (**Arteche, 1993**)

#### **1.4. Particularidades de la gestión de la calidad en el manejo de los sistemas de riego y drenaje.**

El objetivo fundamental del riego es el de suministrar agua a los cultivos, de manera que estos no sufran déficit hídrico en ningún momento, lo cual pudiera ocasionar pérdidas en su rendimiento potencial. Además, el riego debe garantizar que se mantenga el balance de sales; es decir, que no se acumulen en exceso en el perfil del suelo como resultado de la aplicación del agua de riego (**Israelsen y Hansen, 1966**).

En todos los casos, el riego debe ser controlado para evitar pérdidas excesivas que se traduzcan en problemas medioambientales o en un consumo innecesario que incremente los costos de la explotación y, por tanto, las posibilidades de mejorar su manejo para hacerlo más eficiente.

Según un informe (**CYTED, 2006**) se plantea que en algunos países de América Latina, la superficie de tierras bajo riego ha decrecido, a pesar de que cuentan con la infraestructura adecuada. Esto se debe, entre otras causas, a manejos inadecuados de los sistemas de riego y drenaje que han provocado problemas de salinización y sobre humedecimiento de los suelos, conllevando a bajos rendimientos. En este sentido se destaca el bajo nivel de capacitación de los productores que influye en el escaso interés de los mismos hacia la mejora de esta práctica productiva.

La modernización de los sistemas de riego se considera una respuesta para alcanzar y mantener altas eficiencias en el uso del agua. En países en desarrollo, esta modernización

reemplaza, a menudo, a los sistemas de riego de trabajo intensivo y bajo consumo de energía, por sistemas más sofisticados y con mayores requerimientos de energía y de capital. En muchos casos, el desempeño de tales sistemas es inferior a lo esperado, con resultados desalentadores en términos de conservación de agua y energía (CYTED, 2006).

La mejora de la gestión del agua de riego es entendida en muchos casos como la mejora de varios indicadores de significado físico, sin embargo, tanto los agricultores, como los gestores de sistemas de riego, tienen esencialmente una preocupación económica. Además, a nivel nacional e internacional, la presión para valorar económicamente el agua de riego es creciente.

La utilización de evaluaciones de campo, de modelos de simulación y de modelos de decisión está entre las herramientas necesarias para desarrollar la integración entre la mejora de los riegos y la respuesta económica de la producción bajo riego (Skaggs et.al., 2004; Dechmi et.al., 2004; Mishra, Singh y Raghuwanshi, 2005; van Zyl, Savic y Walters, 2006).

La agricultura de regadío, especialmente si es intensiva, tiene una tendencia inherente a no ser sostenible. El desafío en la gestión es hacerla sostenible a largo plazo. Es por lo tanto necesario realizar un riguroso análisis de estas prácticas de gestión del agua a nivel de finca y de sus posibles mejoras, con el fin de desarrollar una agricultura sostenible compatible con la preservación del medio ambiente y, en especial, con un uso más racional de nuestros recursos hídricos (FAO, 2006)

Entre las leyes y resoluciones vigentes en Cuba que tienen que ver con la calidad de manejo de agua en la rama agrícola, está la **Resolución N° 190/2004** que pone en vigor el Reglamento para la organización, operación y mantenimiento de los Sistemas de Riego a partir del 12 de marzo del 2004. Esta resolución vigente desde el 2004, en el capítulo V establece algunos índices importantes sobre calidad del agua; tomados de la FAO y la parte microbiológica, de las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS),

También está la resolución conjunta No. 90 del Ministerio de Salud Pública, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y el Ministerio de la Pesca que establece reducir y controlar los niveles de nutrientes y otros elementos contaminantes en las aguas de los embalses destinados al abasto a la población, con el fin de garantizar una mejor calidad del agua.

### **1.4.1 Sistemas de Riego: principales tipos de sistemas y características de la calidad en los mismos.**

Así como el agua es la fuente de la vida, el riego ha sido la fuente de la civilización y contribuido al surgimiento de las primeras sociedades sedentarias que se organizaron en gran escala, en Mesopotamia, Egipto, el Valle del Indo y China. La agricultura de regadío parece haberse desarrollado en una época tan temprana como el Siglo VII a.C., en pequeña escala, en lugares como Jericó y el asentamiento de Çatal Hüyük, en lo que es actualmente el sur de Turquía. Aproximadamente en la misma época, los antiguos sumerios también utilizaron métodos primitivos de riego en la boca de los ríos Tigris y Eufrates.

En el pasado, muchas estrategias de riego han considerado al agua como un recurso inagotable y el acento se ponía en la construcción y la financiación de nuevos sistemas para ayudar a los agricultores. Ahora, la creciente demanda de agua en todos los sectores ha puesto en claro que es un recurso cada vez más escaso y que las anteriores estrategias de regadío ya no son viables en muchas regiones. En un creciente número de países sus recursos internos renovables de agua no alcanzan al nivel crítico de 1 000 m<sup>3</sup> anuales per cápita, debajo del cual se convierten en una seria restricción al desarrollo **(FAO, 2006)**.

La Agricultura Urbana está creciendo rápidamente no sólo nivel nacional sino internacional. Las estimaciones más recientes sugieren que globalmente por lo menos un tercio de los habitantes de las ciudades participan en la agricultura urbana que provee hasta un tercio de las necesidades urbanas de alimentos. En algunos países que sufren escasez de agua, está surgiendo una estrategia en la que el agua se asigna en primer lugar a las áreas urbanas. Luego las aguas residuales, una vez tratadas, se destinan para la agricultura. La industria urbana financia los costos del suministro de agua y tratamiento, y el agua tratada es entregada a los agricultores a bajo costo **(Tarjuelo, 1999)**.

En sentido general puede decirse que un sistema de riego se define a partir de la conjugación óptima de un diseño agronómico e hidráulico para las condiciones de suelo, cultivo, técnicas de riego y disponibilidad de fuentes de abasto y de equipos de bombeo con que se cuenta en una zona determinada.

Parte de la literatura confunde a veces los sistemas o "esquemas" de riego, con los métodos de riego. Una clasificación muy simple separa los métodos de riego en dos categorías: riego por gravedad y riego a presión **(Mesa y Valdez, 2006)**. En el riego por gravedad los flujos pueden llegar de muchas maneras (cuencas, canales, bordes, etc.) cuya característica común es que el agua llega a cierto punto de la parcela y desde allí se mueve superficialmente al resto.

Hasta que en el siglo XX se desarrollaron técnicas de presurización, el riego superficial (por gravedad) había sido el único método utilizado y aún es el más utilizado. Si bien tiene desventajas importantes, como baja eficiencia en la utilización del agua, necesidad de nivelar el terreno, dificultades para aplicar volúmenes correctos con la frecuencia adecuada, y elevada demanda de mano de obra, se espera que continúe siendo de lejos el método más comúnmente utilizado. **(Dorembos y Pruit, 1977)**

El riego a presión, algunas veces llamado microriego, puede dividirse según utilice técnicas de aspersión o de riego localizado; este último consiste principalmente en riego por goteo o microaspersión. Cuando están bien diseñadas y manejadas, ambas técnicas de riego a presión permiten mayor eficiencia en la utilización del agua que los métodos del riego superficial. **(Mesa, y Valdez, 2006)**

El riego localizado aplica agua y fertilizantes diariamente de acuerdo a las necesidades de los cultivos; así, promueve rendimientos agrícolas más altos y también ahorros de mano de obra. Las desventajas del microriego son los altos costos de inversión, la necesidad de energía y el uso de componentes sofisticados no siempre disponibles. Por estas razones, el riego a presión se concentra en los cultivos de alto valor como los frutales y las hortalizas.

El riego por goteo superficial y subterráneo son dos tipos de riego localizado muy difundidos en la actualidad por su máxima eficacia, ya que disminuye las pérdidas de agua en la aplicación del riego. Sin embargo, la tecnología no es todo, porque el riego a pequeña escala y el uso de aguas residuales urbanas pueden incrementar la productividad del agua tanto como los cambios de la tecnología de riego.

El Programa de Acción Internacional sobre el Agua y el Desarrollo Agrícola Sostenible (PAI-ADAS), dirigido por la FAO, también ha identificado al riego de pequeña escala como una de sus esferas prioritarias. Según el Programa, los requisitos para el éxito de este riego incluyen la asistencia técnica adecuada, los enfoques participativos para el manejo de los sistemas, e instituciones públicas fortalecidas y sujetas a rendición de cuentas, **(FAO, 2003b)**

Una de las prioridades principales de la agricultura mundial y en particular de la agricultura cubana debe ser aumentar la eficiencia del riego, produciendo más por cada m<sup>3</sup> de agua empleado. La FAO intenta hacer todo lo posible para ayudar a los países en este sentido, lo cual influirá positivamente en el aumento de la seguridad de los recursos hídricos y una mejora de la seguridad alimentaria.

### **1.4.2 Particularidades de la eficiencia de los sistemas de riego.**

En general, cuando se aplica un riego, no toda el agua queda almacenada en la zona del suelo explorada por las raíces, sino que parte se pierde por evaporación, escorrentía y percolación profunda, siendo muy diferentes la cuantía de cada tipo de pérdida según el tipo de suelo y sistema de riego. Conceptualmente, la idoneidad de un riego depende del incremento del agua almacenada en la zona radicular del cultivo producido por el riego (**Shilo, C. 2000.**).

La terminología utilizada para describir el comportamiento del riego a nivel de parcela incluye normalmente los términos de eficiencia de aplicación y uniformidad de distribución. Lamentablemente no existe ningún parámetro que por sí solo sea suficiente para describir el comportamiento del riego, por lo que siempre se valoran varios parámetros a la vez.

La uniformidad del riego indica el grado de igualdad de dosis recibida por los diferentes puntos de la parcela. La eficiencia de riego ( $E_a$ ) puede ser definida como el porcentaje de agua bruta aplicada que es aprovechada para satisfacer las necesidades del cultivo y las de lavado de sales.

Según (**Alabanda, 2001**), la evaluación de un sistema de riego comprende el estudio de la uniformidad de distribución y la eficiencia de aplicación así como el análisis de todos los elementos del sistema de riego. La determinación de la uniformidad del sistema es el indicador más importante del buen funcionamiento del mismo y su conocimiento es fundamental por varias razones entre las que están:

1. Desde el punto de vista ingenieril, la determinación de la uniformidad en el campo es importante para confirmar si un diseño es o no satisfactorio.
2. Desde el punto de vista del agricultor, la determinación de la uniformidad en el campo es importante para estimar la producción.
3. Desde el punto de vista del regante, la determinación de la uniformidad en el campo es importante para definir la eficiencia de aplicación y los calendarios de riego.

#### **1.4.2.1 Eficiencia en sistemas de riego por aspersión.**

En los últimos 35 años se han desarrollado aceleradamente los sistemas de riego por aspersión con el objetivo de lograr una mayor eficiencia en el uso del agua. En el 2004 las áreas beneficiadas con riego en el mundo alcanzaron 276.8 millones de ha, siendo 20.1 millones de ha en América Latina, con 10.8 millones de ha de aspersión.

Actualmente, el método de riego por aspersión es el segundo más expandido en el mundo, con casi 150 patentes presentadas hasta el año 2000 y sobrepasa el 25 % del total del área de riego en Cuba (**Fonseca y Pérez, 2005**).

La aspersión como técnica de riego nace en Cuba después del Triunfo de la Revolución ya que en la etapa anterior solamente existían unos pocos equipos aislados en todo el territorio nacional (**MINAG, 1978**). A partir de 1966 comienzan a importarse cantidades considerables de medios para esta técnica de riego, utilizándose actualmente en el país equipos de riego por aspersión de diferentes países de origen, tales como: Israel, Yugoslavia\*, Chekoslovakia\*, USA, España, Canadá e Inglaterra, con tubos de aluminio o de hierro. Los más utilizados son los equipos por aspersión Rein, de Inglaterra de 30, 50 y 100 ha

El riego por aspersión suministra el agua en forma de lluvia artificial a los cultivos y estos sistemas trabajan a muy diversas presiones desde 0.35 hasta 7 kg/cm<sup>2</sup>, la cual depende de varios factores, tales como: potencia consumida y tipo de aspersores. Los sistemas de riego presurizados se caracterizan por algún grado de desuniformidad en la aplicación de agua. Potencialmente, esta falta de uniformidad en la aplicación puede afectar el rendimiento de la cosecha y eficiencia de uso de agua, lo que ha sido demostrado por diferentes investigadores (**Castañón, 1991; Warrick y Gardner, 1983; Letey et al., 1984; Montovani et al., 1995; Li, 1998**).

La tendencia actual en la mejora de los sistemas de riego por aspersión incluye los siguientes aspectos (**TUSA, 2006**):

- La utilización de la baja presión, donde el adecuado diseño de los emisores juega un papel fundamental, debiendo tender a que tengan el máximo alcance y un tamaño de gota medio (entre 1,5 y 4 mm), lo que reduce la distorsión originada por el viento (y su efecto sobre la uniformidad de aplicación de agua) y las pérdidas por evaporación y arrastre por el viento.
- La optimización del diseño y el manejo (programación de riegos) para reducir la inversión, alcanzar altas eficiencias de aplicación y ahorrar agua y energía. Esto va ligado normalmente a un importante apoyo informático.
- La automatización parcial, y en algún caso total, que facilite el manejo de la instalación y el riego nocturno, con menor costo

energético y menores pérdidas de agua en la aplicación, unido normalmente, además, a vientos menos intensos.

#### **\*Antiguos países de Europa del Este**

La mayoría de los sistemas de riego por aspersión requieren de un valor mínimo de uniformidad de distribución de agua de 80% (**Keller y Bliesner, 1990**). La uniformidad de irrigación por microaspersión normalmente es cuantificada por el coeficiente de uniformidad propuesto por Christiansen.

El coeficiente de Uniformidad de Christiansen (**Christiansen, 1942**) es un buen indicador para expresar la distribución del agua aplicada por emisores sobre una superficie, pero resulta insuficiente para hacer inferencias acerca de la distribución en el perfil del suelo y para cuantificar la influencia en el rendimiento de la cosecha.

En tal sentido, el estudio de la distribución espacial del agua aplicada puede brindar mejores aportes para entender las relaciones suelo - planta en la nutrición hídrica, sobre todo en cultivos permanentes, donde el efecto de las condiciones de estrés se manifiestan de manera posterior al evento (**Barrios et al., 2003**).

De manera general, los sistemas de riego por aspersión se clasifican en: sistemas estacionarios que permanecen en la misma posición mientras dura el riego y sistemas mecanizados que se desplazan mientras aplican el agua de riego.

El aspersor es el elemento final del sistema, la eficiencia depende grandemente de él, ya que es el que se encarga de distribuir el agua al cultivo. De acuerdo al radio de alcance se clasifican en aspersores de chorro corto, medio o largo que equivalen a radios menores de 20m, de 20 a 35m y mayores de 35m respectivamente.

De acuerdo a la presión de trabajo se pueden clasificar como de baja, media y alta presión (<20m de carga, de 20-40 m y >40m respectivamente) e igualmente de acuerdo a la intensidad de la lluvia como de baja, media y alta intensidad (< 6 mm/h, entre 6 y 16 mm/h, >16 mm/h respectivamente).

La intensidad de aplicación permisible de los aspersores depende de las características de los suelos. Por ejemplo, para un terreno con una pendiente del 5%, sin vegetación, la intensidad admisible varía según el suelo, para un suelo arcilloso no debe sobrepasar los 7 mm/h mientras que en un arenoso puede admitirse hasta 30 mm/h. Cuando los terrenos son llanos y se riegan cultivos que los cubren, estos valores se pueden aumentar en un 30 ó 50 % y más.

Si la intensidad es mayor que la permisible, esto se puede comprobar visualmente si al comenzar a regar; se observa que se forman charcos y el agua comienza a escurrir. En este caso es necesario cambiar los espaciamientos y si no es suficiente ésta variación, entonces cambiar los aspersores. **(Montero, et al 2007)**

Para lograr una buena uniformidad hace falta utilizar varios aspersores lo suficientemente cerca uno del otro para que las zonas bañadas se superpongan, la superposición debe representar por lo menos el 65% del diámetro de la zona bañada, esto determina la separación máxima entre los aspersores.

La uniformidad de las aplicaciones de agua de los aspersores puede estar influida por el viento y la presión del agua. Durante la explotación de los sistemas de riego por aspersión se producen deterioros y averías de distintas índoles en los elementos que la componen, debido a deficiencias en su calidad, el manejo incorrecto, desgastes en sus puntos débiles, y falta de medidas preventivas principalmente. **(Fonseca y Pérez, 2005).**

El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido la aparición de nuevas formas de manejo y control del riego, adaptadas al tipo de cultivo, extensión de la plantación, etc. Para el óptimo manejo del riego es conveniente disponer de sistemas automáticos de control, que pueden ayudar a conseguir mejoras sustanciales como: aumento de producción, reducción del uso de productos químicos, y sobre todo, frutos y plantas mucho más equilibradas en todos los sentidos, mayor eficiencia de riego, ahorro de mano de obra, agua y energía, control de operaciones, **(TUSA, 2006)**

Entre las principales medidas para el aumento de la eficiencia de un sistema de riego por aspersión esta el cuidado de los equipos de aspersión, una buena organización del trabajo de los regadores y establecer un tiempo de trabajo adecuado, la capacitación de los regadores, la disciplina tecnológica en la aplicación del agua en el campo, la coordinación del trabajo de los regadores con el de los operadores de los equipos de bombeo, la correcta medición del agua a la entrada del campo que asegure no entregar más de la necesaria para cumplir el riego.

Bajo condiciones de sequía, el riego por aspersión se puede combinar satisfactoriamente con algunas soluciones que permiten el uso eficiente y la conservación de los recursos hídricos escasos. Entre ellas están el riego con pozos profundos, el riego con agua tratada magnéticamente y la cobertura del suelo con rastrojos.

### 1.4.2.2 Eficiencia en sistemas de riego localizado

El riego localizado se utiliza por primera vez en Inglaterra a finales de la década de los años 40 del siglo pasado y en la década de los 50 en Israel. Estos sistemas tuvieron gran desarrollo en las regiones desérticas donde otras técnicas de riego no aportaban buenos resultados producto del tipo de suelo (arenoso) y la alta salinidad. Comercialmente, se desarrolla en la década de los 60, producto de los trabajos realizados en Israel y lo barato de las tuberías plásticas con respecto a las metálicas. **(Vermeiren y Jobling, 1986).**

En 1991 los sistemas de riego por goteo operaban en más de 50 países del mundo y en naciones de un gran desarrollo de esta tecnología, como Israel que se regaba más del 85% de sus tierras cultivables con estos sistemas **(Pizarro, 1995)**

La rápida generalización del riego localizado en el mundo se debe a sus grandes ventajas comparado con otras técnicas, como son: el ahorro de agua y de conservar la aireación del suelo y la factibilidad de aplicación en terrenos no nivelados y de topografía irregular. **(Aidarov et al., 1985).**

Esta técnica ha revolucionado el concepto de humedecer el 100% del área cultivada, los resultados de innumerables investigaciones han demostrado que el humedecimiento solamente de un porcentaje del área cultivada, satisface las demandas hídricas del cultivo **(Cisneros, 2000).**

Varios autores coinciden en que en condiciones de escasez de agua, climas extremadamente secos y suelos arenosos, el riego por goteo ha dado resultados muy prometedores en comparación con los sistemas de riego por gravedad o aspersión **(Jeldres, 1996; Barrantes, 1997)**

En estos sistemas es necesario contar con un sistema de bombeo que dote de presión al agua, así como determinados elementos de filtrado y tratamiento del agua antes de que circule por la red de tuberías. Con ellos se pretende evitar la obturación de los emisores, uno de los problemas más frecuentes en estos sistemas. Estos elementos se instalan a la salida del grupo de bombeo en el denominado *cabezal de riego*. Una instalación de riego localizado consta básicamente de tres tipos de componentes: el cabezal de riego, la red de distribución de agua y los emisores.

Es el sistema ideal para poner en práctica las técnicas de fertirrigación (fertilizantes disueltos en el agua de riego). El desarrollo de las técnicas y equipos han permitido una automatización de las instalaciones en distintos grados, llegando en ocasiones a un funcionamiento casi autónomo de todo el sistema. De esta forma se consiguen automatizar operaciones como

limpieza de equipos, apertura o cierre de válvulas, fertilización, etc. que producen un importante ahorro de mano de obra (**Madrid, 1991**).

Estos sistemas normalmente trabajan a presiones que oscilan entre 0,3 y 1 atm. Los riegos localizados se pueden agrupar según el caudal que proporcionan los emisores de riego. Suele englobarse con el término "riego por goteo" a todos los riegos localizados en los que se aplica bajo caudal, utilizando los emisores denominados goteros, tuberías porosas, tubería exudantes, etc. Los riegos localizados de alto caudal pulverizan el agua, que se distribuye a través del aire hasta el suelo y suelen aplicarse con los emisores denominados microaspersores y difusores.

En el caso del riego por goteo 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 (olivar, frutales, etc.), cultivo en invernadero (tomate, pimiento, pepino, melón, ornamentales), y en algunos cultivos en línea (algodón, coliflor, repollo, patata, etc).

Los goteros suelen trabajar a una presión de aproximadamente 1 kg/cm<sup>2</sup> conocido popularmente por kilo y suministran caudales entre 2 y 16 litros/h. Lo mas frecuente es que las tuberías laterales y los goteros estén situados sobre la superficie del suelo, y el agua se infiltre y distribuya en el subsuelo, esta variante es conocida como riego por goteo superficial

En ocasiones las tuberías laterales se entierran entre 20 y 70 cm y los goteros aportan el agua a esa profundidad, conociéndose entonces como riego por goteo subterráneo. La profundidad de enterrado del porta goteros dependerá del tipo de cultivo y del tipo de suelo. Este sistema esta basado en la utilización de franjas de humedad que garantizan una buena uniformidad de riego. Tiene como principal inconveniente la obstrucción de goteros y la dificultad de detectar fallos en el funcionamiento de estos así como de su reparación. (**Faci, 2004**)

Una peculiaridad de estos sistemas es la forma y dimensiones del área humedecida por un emisor, comúnmente llamado bulbo húmedo, que depende de varios factores, entre los cuales tenemos: tipo de suelo, estratificación del suelo, caudal del emisor y volumen de agua aplicado por el emisor. La localización de la humedad dentro del mismo bulbo húmedo trae consigo, la adaptación de las raíces al régimen de humedad, concentrándose en el bulbo húmedo, que puede contener una densidad de raíces tres o cuatro veces superior a un suelo con riego no localizado.

Los cultivos se desarrollan satisfactoriamente aunque las raíces exploren sólo una parte del suelo, cuya extensión debe ser como mínimo del orden del 30-40 % del área sombreada, la competencia por la luz y las necesidades de espacio para las labores limitan la intensificación de los marcos de plantación.

Otro aspecto interesante del riego localizado es el aumento que se consigue en la producción debido a la alta frecuencia. Según esa teoría, al mantenerse constantemente en el suelo una humedad elevada, la absorción de agua por las raíces exige un esfuerzo menor a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el aumento de los rendimientos de los cultivos no responde al sistema de riego propiamente dicha sino al régimen de humedad que se logra con estos sistemas de Riego Localizado de Alta Frecuencia **(RLAF) (Pizarro, 1990 y 1995)**

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 litro/hora y metro lineal. **(Pizarro, 1995)**

Como ventajas fundamentales del riego localizado están el ahorro de agua al minimizar las pérdidas por conducción y aplicación, además de que en cultivos espaciados no humedece toda el área ocupada por la zona radical, el ahorro de energía comparada con la aspersión de carga media y alta, la disminución de la mano de obra necesaria para la explotación de los sistemas; la relativa facilidad para su automatización, el aumento considerable de los rendimientos del cultivo por unidad de área así como que permite llevar a cabo las labores de fertilización junto al riego, reduce las malas hierbas en las calles y puede ser utilizado en topografías accidentadas.

No obstante tiene como desventajas que requiere de un sistema de filtrado del agua para evitar tupidaciones en los emisores, requiere la presencia de personal calificado para dirigir y controlar la explotación del sistema de forma directa, algunos de los elementos del sistema pueden ser

susceptibles al ataque de roedores y lo más importante es el incremento de los costos de inversión inicial por hectárea comparado con la aspersión.

En el caso del riego localizado por micro aspersión, **(Pizarro, 1995)** señalan que los bajos coeficientes de uniformidad en sistemas de microirrigación se deben a numerosos factores, tales como la selección inadecuada de diámetros de tubería de entrega (tubería principal, secundaria y/o laterales), la selección inadecuada de emisores para la microirrigación, el traslape inadecuado de emisores, los efectos del viento en los emisores, los cambios en los componentes del sistema con tiempo (disminución de eficiencia de la bomba, fallas en la regulación de presión, desgaste de boquillas, entre otros), obstrucción de boquilla del emisor, alteraciones en la presión de operación.

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.

La forma y dimensiones del volumen de suelo húmedo dependen de las propiedades y características del perfil físico del suelo **(Amoozegar-Fard et al 1984)** y del volumen de agua aplicado, caudal del emisor, contenido de agua presente en el suelo al inicio de la irrigación y topografía del terreno **(Vermeiren y Jobling, 1980)**. A medida que aumenta el caudal del emisor el desplazamiento horizontal y vertical del frente de humedad crecen de forma más rápida al inicio del riego y de forma más atenuada a medida que aumenta el tiempo de aplicación **(Shani et al 1987)**.

Se distinguen los emisores denominados microaspersores y los denominados microdifusores. En ambos casos suelen trabajar a presiones entre 1 y 2 kg/cm<sup>2</sup> y suministran caudales de hasta 200 l/h

Entre las características fundamentales que se deberán tener en cuenta al seleccionar un emisor tenemos el caudal uniforme y constante, poco sensible a las variaciones de presión, estable a lo largo del tiempo, poca sensibilidad a las obturaciones, elevada uniformidad de fabricación, resistencia a la agresividad química y ambiental así a las operaciones agrícolas, bajo costo, poca sensibilidad a los cambios de temperatura y reducida pérdida de carga en el sistema de conducción.

La obturación de los emisores es uno de los problemas más importantes de los sistemas de riego localizado. Suele producirse por partículas minerales (arena, limo, arcilla), partículas orgánicas (algas, bacteria, restos de plantas o animales), y sales precipitadas que provienen de los fertilizantes añadidos, o las que están presentes en el agua de riego. Si se producen obturaciones, el costo de mantenimiento de la red será mayor, la duración de los componentes de la instalación se vera reducida y el agua de riego se aplicara con mayor uniformidad.

Para evitar las obturaciones se colocan una serie de filtros en el cabezal. Si el agua de riego viene cargada con gran cantidad de sólidos en suspensión, entonces hay que realizar un prefiltrado a la entrada del cabezal. Para realizar el prefiltrado se utilizan uno o más hidrociclones, pero si el agua llega sin presión al cabezal entonces se utilizan los depósitos de decantación.

Los sistemas de riego localizado recaban de los explotadores muchos más conocimientos técnicos que los sistemas tradicionales. Las bondades de estos sistemas son populares; no obstante, no siempre los explotadores tienen conciencia de los conocimientos necesarios para manejar los sistemas. La mayoría de los fracasos de las instalaciones de riego localizado a nivel mundial, han tenido lugar por la no observancia de aspectos medulares del manejo y la explotación. **(Rodríguez, 2006)**

El diseño de una instalación de riego localizado tiene suma importancia ya que de el dependerá el buen funcionamiento del sistema de riego. La clave para un buen diseño esta en fijar el caudal, presión y uniformidad desde el principio e ir diseñando en consecuencia.. Seguidamente debe realizarse un diseño agronómico del sistema donde se tiene en cuenta el tipo de suelo, las necesidades de agua del cultivo tanto en cantidad como en calidad, etc **(Muñoz, 2005).**

El proceso de diseño se divide en dos fases, diseño agronómico del riego, donde determinamos la cantidad de agua que la instalación tiene que conducir con capacidad para el mes de máximas necesidades, y el diseño hidráulico donde se calculan las dimensiones y ubicación de conducciones y componentes para que puedan satisfacerse las necesidades agronómicas.

El diseño agronómico es la parte más importante del proyecto de riego, ya que cualquier error aquí generara un sistema de riego inadecuado a lo que se precise, por ejemplo si se estiman

unas necesidades de riego menores a las reales, repercutirá en la producción, la calidad y podrían darse problemas de salinidad por falta de lavado de sales. **(Fuentes, 1991)**

La aportación de agua por los emisores debe ser lo más uniforme posible, esta uniformidad constituye el punto de partida del diseño hidráulico. Para lograr una buena uniformidad será necesario que todos los emisores de la instalación sean de buena calidad y que la presión del agua en todos los emisores sea lo mas parecida posible.

El agua en su recorrido por la red va perdiendo presión debido al rozamiento, cambios bruscos de dirección, pasos por filtros, etc. A esta pérdida de carga se la conoce como pérdida de carga. Lógicamente cuando el recorrido de la tubería de carga sea ascendente tendremos pérdida de presión y ganancia cuando sea descendiente.

### 1.4.3 Parámetros generales para la evaluación de la eficiencia de sistemas de riego

La eficiencia del riego en general se puede dividir en varios componentes siguiendo la propuesta de la Comisión Internacional de Riego y Drenaje (Burman et al., 1981): la eficiencia de almacenamiento (*Es*), la eficiencia de conducción (*Ec*) y la eficiencia de aplicación del riego propiamente dicha (*Ef<sub>riego</sub>*) **(Rocamora y Peraza, 2007)**.

Se puede definir la eficiencia de aplicación del riego como el porcentaje del agua total suministrada a un cultivo que sirve efectivamente para satisfacer sus necesidades hídricas y se cuantifica con la siguiente expresión **(Rocamora y Peraza, 2007; Burt, 1997)**:

$$Ef_{riego} = \frac{\text{Agua evapotranspirada por el cultivo}}{\text{Agua aplicada al cultivo}} * 100$$

La terminología utilizada para describir el comportamiento del riego a nivel de parcela incluye normalmente los términos de eficiencia de aplicación y uniformidad de distribución. Lamentablemente no existe ningún parámetro que por sí solo sea suficiente para describir el comportamiento del riego, por lo que siempre se valoran varios parámetros a la vez.

La uniformidad del riego indica el grado de igualdad de dosis recibida por los diferentes puntos de la parcela. En riego por aspersión está muy extendida la utilización del coeficiente de uniformidad de Christiansen. **(Shilo, C. 2000.)**.

La eficiencia de aplicación del riego (**Ea**) puede ser definida como el porcentaje de agua bruta aplicada que es aprovechada para satisfacer las necesidades del cultivo y las de

lavado de sales.

Cuando se aplica un riego, no toda el agua queda almacenada en la zona del suelo explorada por las raíces, sino que parte se pierde por evaporación, escorrentía y percolación profunda, siendo muy diferentes la cuantía de cada tipo de pérdida según el tipo de suelo y sistema de riego. **(Palacios, 2006)**

Conceptualmente, la idoneidad de un riego depende del incremento del agua almacenada en la zona radicular del cultivo producido por el riego. La eficiencia de almacenamiento (**Es**) es la relación entre el volumen que se deriva para el riego (**Vd**) y el volumen que se almacena en el suelo (**Ve**) para el mismo fin **(Tarjuelo, 1999)**.

$$E_s = \frac{V_d}{V_e}$$

Por otra parte el coeficiente de uniformidad (**CU**) indica la uniformidad en la distribución del agua aplicada con el riego. Si la uniformidad es baja existirá mayor riesgo de déficit de agua en algunas zonas y de filtración profunda en otras. **(Bralts. et al., 1997)**

**(Rodríguez, 2006)** analizó los factores que influyen en la eficiencia de aplicación del riego definida como:

$$E_a = K_s * CU$$

Donde: **Ks** es el coeficiente de almacenamiento, que representa el agua disponible para la planta respecto al agua aportada, es decir que pretende reflejar las pérdidas por percolación, evaporación, etc. que dependerán de dosis y frecuencia de riego, tipo de suelo, bulbo húmedo, etc.

En el Reglamento para el Mantenimiento, Operación, y Mantenimiento de los Sistemas de Riego y Drenaje. **(2004)** se indican las eficiencias de aplicación por técnicas de riego, para el riego `por aspersión de media, señalándose las siguientes:

Aspersión baja presión 0.75-0.80

Aspersión media presión 0.70-0.75

Riego Localizado 0.85-0.90

El coeficiente de uniformidad de aplicación del agua de riego (*CU*), desde un punto de vista técnico es proporcional al costo de la instalación. Esta uniformidad puede reducirse por una mala uniformidad de la distribución de presiones, mala calidad de los distribuidores o mal estado de éstos.

En muchos trabajos reportados en la literatura se analizan procedimientos, donde a partir de una evaluación de las instalaciones de riego, calculando los distintos coeficientes de uniformidad, se toman en cuenta los resultados de la misma para en caso de no ser satisfactorios establecer un diagnóstico de las causas y poder actuar y mejorar dichos parámetros **(Rodrigo y Pérez, 1994)**.

En estas evaluaciones se utilizan datos de campo en un subsector de riego representativo y en cada punto seleccionado se toma la presión de trabajo y el caudal de cada distribuidor así como la presión al inicio del primer y último lateral del resto de los subsectores y se determinan los tres tipos de coeficientes de uniformidad que se trabajan: coeficiente de uniformidad del subsector; coeficiente de uniformidad absoluta; y coeficiente por presiones **(Keller et al 1974; Bliesner, 1976)**.

Para la estimación del estado de la instalación en general se considera un buen funcionamiento si el *CU* por caudales (del subsector y absoluta) es superior al 86%. En caso de que el *CU* por caudales sea inferior; se analiza el *CU* por presiones y si éste es superior al 90% indica que las presiones se distribuyen correctamente, por lo que la causa de la no uniformidad radicará en los distribuidores.

El Coeficiente de Variación (*CV*) de fabricación de los distribuidores, refleja la calidad de los mismos. Como indica **(Arviza, 1991)**, cuando se tiene un *CV* alto el motivo de tener un bajo *CU* del sistema estará dado será fundamentalmente por obstrucciones de origen físico, químico o biológico.

Si la falta de uniformidad es debido a una mala distribución de presiones, la causa se deberá buscar en los reguladores de presión y las pérdidas de carga excesiva en laterales y/o terciarias, por lo que se deberían sustituir los distribuidores por otros de caudal menor. Si la falta de uniformidad es ocasionada por obstrucciones, se deberá proceder a tratar las aguas de riego de la manera adecuada, en el cabezal del sistema, para poder prevenir obstrucciones de la instalación **(Montero J et al. 2007)**

Por otra parte (**Arviza, 1991**) refiere que en el tratamiento de las aguas de riego los agentes físicos presentes en el agua causantes de problemas pueden ser eliminados por filtración de éstas y lavado de las tuberías, la instalación de filtros en microirrigación es casi obligada en todos los casos, recomendándose grados de filtración de 1/7-1/10 del diámetro del emisor. El tipo de filtro a utilizar dependerá de la calidad del agua de riego, existiendo en el mercado los siguientes tipos:

- Filtros de membranas o porosos; útiles para caudales bajos y aguas bastante limpias.
- Filtros de malla o anillas; trabajan a caudales elevados, de hasta 90 m<sup>3</sup>/h, tienen mayor superficie filtrante que los anteriores. Existen modelos autolimpiantes automatizables. habitualmente van instalados detrás de filtros de arena, en caso de ir solos, Las aguas deberán tener un bajo contenido en partículas sólidas.
- Filtros de succión y separadores; para aguas superficiales y subterráneas donde hay problemas por arenas y/o materias orgánicas; tienen sistemas autolimpiables que mantiene las mallas constantemente limpias.
- Filtros de gravedad; muy efectivo para todo tipo de partículas. En ellos se debe controlar la velocidad de circulación del agua.
- Separadores centrífugos; son indicados cuando el problema lo causan las partículas sólidas. Son recomendados como prefiltros ante los grupos de bombeo.
- Filtros de arenas; son los más utilizados, debido a su versatilidad. La capacidad y grado de filtración dependerá del tamaño de las arenas filtrantes que deberá procurarse la mayor uniformidad.

Con el tratamiento químico del agua se pretende controlar las sales disueltas (principalmente carbonatos de calcio) y las deposiciones de tipo biológico. En caso de practicar la fertirrigación se deberá tener en cuenta las cantidades de hierro superiores a 2 mg/l, puesto que se puede provocar su precipitación en caso de utilizar HCl como agente limpiante de las tuberías. También los lubricantes pueden ser causantes de obstrucciones (**Arviza, 1991**). El tratamiento de las aguas debe hacerse siempre detrás de todos los equipos del cabezal de riego (bombeo, filtración,).

La distribución del agua y su control a lo largo de la red de riego se hará con válvulas, y su dosificación atenderá a las necesidades del cultivo y a la economía del agua, la que podrá hacerse con contadores de volumen. Con estas mediciones se puede tener información sobre el volumen de agua aplicado a las parcelas, el caudal que circula y el volumen de fertilizantes

y su dosificación; en este último caso se puede definir los aportes de fertilizantes a una concentración supuestamente óptima. **(Giner, 1988)**.

Existen diferentes criterios en la literatura para calificar la uniformidad presente en una instalación de riego. **(Rodrigo y Pérez, 1994)** comparan índices de coeficientes de uniformidad y uniformidad estadística logrando los siguientes coeficientes:

<b>Grado de aceptabilidad</b>	<b>Uniformidad estadística U</b>	<b>Coefficiente de uniformidad CU</b>
Excelente	100-95	100-94
Bueno	90-85	100-81
Normal	80-75	75-68
Mala	70-65	62-56
Inaceptable	Menor 65	Menor 50

Por otra parte en los trabajos realizados en Cuba **(Torralba, 2007)** se definen como criterios para calificar la uniformidad presente en una instalación de riego los siguientes:

<b>Grado de aceptabilidad</b>	<b>Coefficiente de uniformidad (%)</b>
Excelente	100-94
Bueno	87-81
Inaceptable	<81

### **1.5 Consideraciones generales sobre la revisión bibliográfica.**

El gran desafío en la gestión del agua dentro de la agricultura de regadío intensiva es hacerla sostenible a largo plazo por lo que se hace imprescindible un riguroso análisis de las prácticas de gestión del agua a nivel de finca y de sus posibles mejoras, con el fin de desarrollar una agricultura sostenible que contribuya a la preservación del medio ambiente y, en especial, a un uso más racional de nuestros recursos hídricos.

En la actualidad para lograr la integración entre la mejora de la eficiencia de los sistemas de riego y la respuesta económica de la producción se utilizan diferentes herramientas del análisis empresarial como son la técnica de la matriz DAFO para definir proyecciones estratégicas, las evaluaciones de campo, modelos matemáticos y sistemas de apoyo a la toma de decisiones como base para la gestión de la calidad en esta práctica agrícola así como la aplicación de la investigación de acción participativa que contribuye al surgimiento del compromiso y la identificación del individuo con la entidad en que labora.

La gestión de la calidad dentro de la producción agrícola en general y muy particularmente en condiciones de producción cooperativa dentro de la Agricultura Urbana, tiene una marcada incidencia sobre la mejora de la calidad de vida de la población.

Como es conocido, uno de los elementos fundamentales en la mejora de la calidad de vida de la población, lo constituye la seguridad alimentaria de la misma y dentro de esta la producción de viandas, hortalizas y vegetales es un elemento de primera importancia. Dadas las características climáticas de nuestro país el riego constituye el factor de primera importancia en el aseguramiento de producciones agrícolas óptimas por lo que la elevación de la eficiencia en esta práctica es un aspecto vital para el desarrollo de la agricultura cubana.

El desarrollo de nuevas tecnologías de riego impone nuevas formas de manejo y control del mismo, las cuales deben integrarse a sistemas automáticos para asegurar la calidad de la gestión del agua en las empresas productivas contribuyendo a un mayor ahorro de recursos.

El riego localizado es el tipo de sistema que predomina en las cooperativas agropecuarias y en especial dentro del sistema de la agricultura urbana. El diseño de una instalación de riego localizado tiene suma importancia ya que de él dependerá el buen funcionamiento del sistema de riego. El control de la operación eficiente de estos sistemas está basado en el registro de los caudales y presiones de trabajo en las diferentes unidades del mismo además de velar por su manejo agronómico adecuado, teniendo en cuenta el tipo de suelo, las necesidades de agua del cultivo tanto en cantidad como en calidad.

La UBPC “Organopónico Vivero Alamar”, a pesar de haber logrado importantes indicadores productivos, la condición de Excelencia y ser Referencia Nacional, carece de un estudio que permita definir una estrategia para la implementación futura de un Sistema de Gestión de la Calidad que contribuya a la eficiencia y desarrollo de esta nueva modalidad de cooperativa agraria.

Todas estas razones sustentan la hipótesis científica de este trabajo de tesis que parte de la necesidad de realizar evaluaciones de campo de los parámetros que definen la eficiencia en la operación y gestión de los sistemas de riego así como un diagnóstico general de la calidad en la gestión del agua de esta empresa productiva, para garantizar la implementación exitosa de un sistema de gestión de la calidad en la misma.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **2.1. Localización y características generales de la UBPC “Organopónico Vivero Alamar”**

La unidad básica de producción UBPC Alamar fue fundada el 29 de Enero de 1997 cita en la Ave: 160 Esq. Parque Hanoi Zona 6. La Habana del Este, Ciudad de la Habana por concepto de Decreto Ley No 142 del Comité Ejecutivo de Ministros del 21 de Septiembre de 1993.

La UBPC inició su producción principal con hortalizas para la venta directa a la población de la localidad con un área de 800 m<sup>2</sup>. En este periodo la UBPC contaba con pocos recursos para el trabajo y la fuerza laboral era bastante reducida. Posteriormente, el Ministerio de la Agricultura (MINAG) aprobó la comercialización de productos agropecuarios de precios topados para lo cual se montaron 3 kioscos de venta

En la actualidad se cultivan generalmente vegetales y hortalizas, se aplican dos tipos de técnicas de riego localizado (goteo y microjet) y el riego por aspersion portátil de baja presión. El área está dividida en subunidades de riego.

La actividad productiva comercial de la cooperativa ha tenido un gran impacto social en la población que la rodea, creando fuentes de empleo, alimentos sanos con precios solidarios, transformación del entorno, convirtiendo áreas improductivas en un jardín de vegetales y dando un lugar importante a la mujer y un contacto más directo de las nuevas generaciones con las producciones agrícolas.

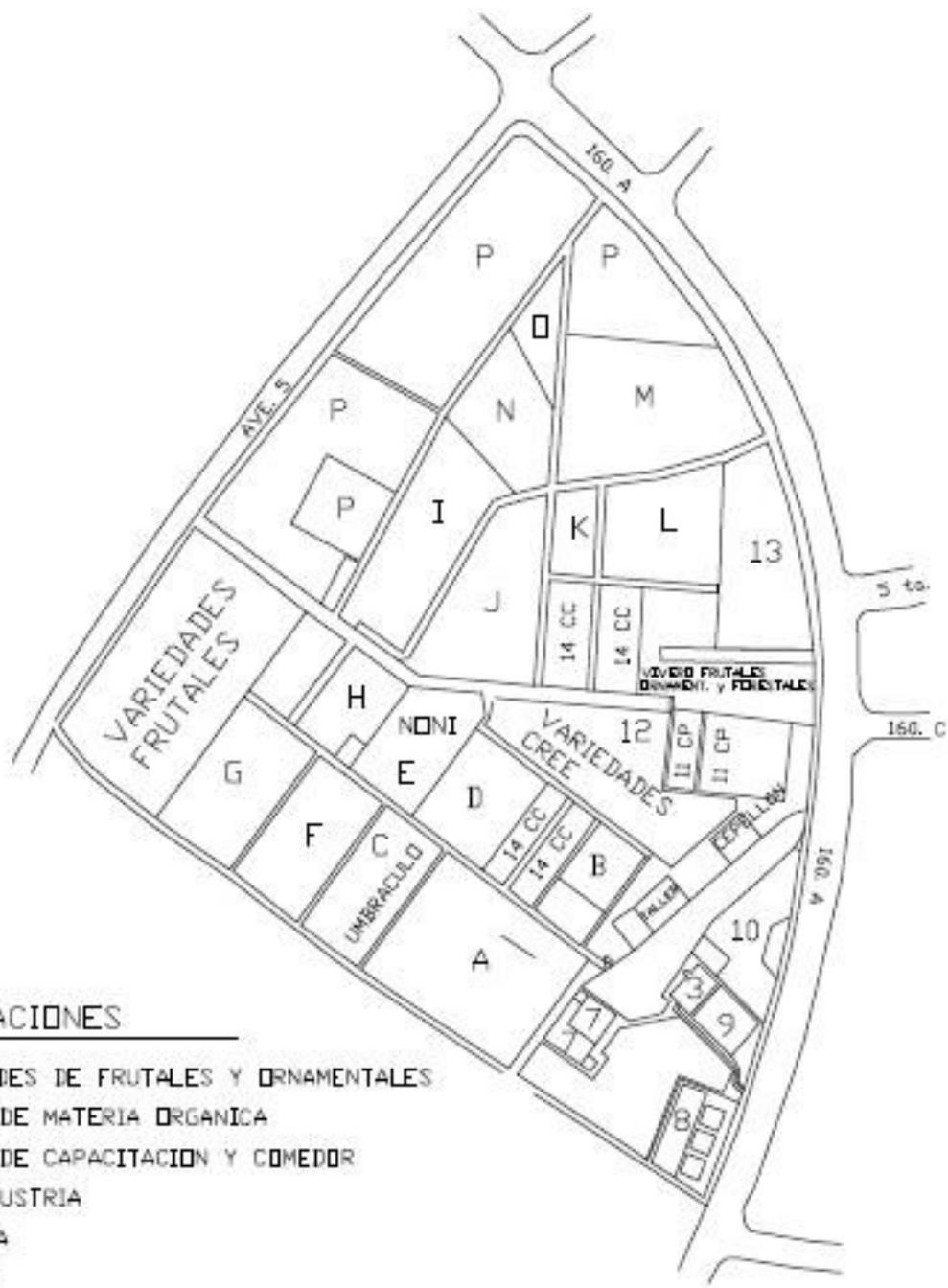
Por sus resultados, ha sido declarada Referencia Nacional por 3 años consecutivos (2002-2004), ostenta la condición de Excelencia, Vanguardia Nacional y mejor UBPC del país.

### **2.2 Estado actual de las áreas productivas de la UBPC**

En la **Figura 1** se presenta un plano actualizado (Diciembre 2006) de las áreas de la UBPC en estudio.



# UBPC. ORGANOPONICO-VIVERO, ALAMAR



## DENOMINACIONES

- 1 VARIETADES DE FRUTALES Y ORNAMENTALES
- 2 CENTRO DE MATERIA ORGANICA
- 3 CENTRO DE CAPACITACION Y COMEDOR
- 4 MINI-INDUSTRIA
- 5 ECONOMIA
- 6 OFICINA
- 7 ALMACEN
- 8 EXPOSICION DE PLANTAS ORNAMENTALES
- 9 UMBRACULO DE PLANTAS ORNAMENTALES
- 10 CENTRO DE LLENADO DE MACETAS
- 11 CASA DE POSTURAS
- 12 CREE
- 13 VIVERO DE FRUTALES ORNAMENTALES Y ORNAMENTALES

Figura 1. Plano de áreas de la UBPC.

En la **Tabla 1** se resume un balance detallado de las áreas productivas de la UBPC. El área destinada a cultivos hortícolas al aire libre es de 1.54 ha, las áreas de cultivos protegidos es de 0.01 ha y el área destinada a la producción del compost es de 0.24 ha.

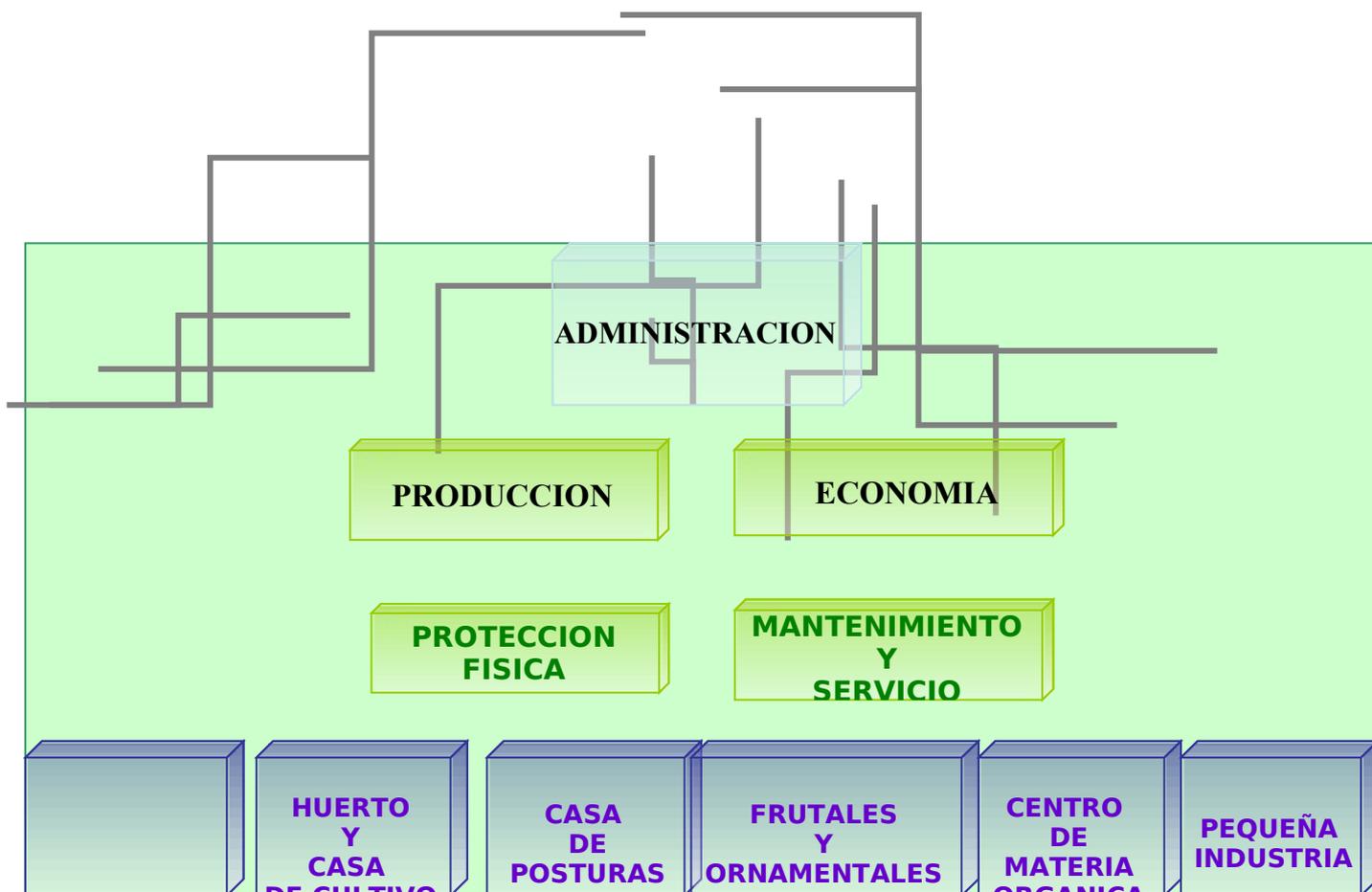
Los principales sistemas de riego utilizados son el localizado (microjet y goteo) con un área de 1.0808 ha y aspersión con un área de 1.68886 ha.

**Tabla 1. Balance detallado de las áreas productivas de la UBPC (Diciembre 2006)**

<b>BALANCE ÁREA</b>					
<b>Bloque</b>	<b>Há</b>	<b>Bloque</b>	<b>Há</b>	<b>Descripción</b>	<b>Há</b>
<b>A</b>	0.1922	<b>I</b>	0.1312	Total bloque	1.5395
<b>B</b>	0.258	<b>J</b>	0.1219	Casa de cultivo	0.0940
<b>C</b>	0.0815	<b>K</b>	0.04446	Casa de postura	0.0692
<b>D</b>	0.0745	<b>L</b>	0.981	Frutales y Forestales	0.6768
<b>E</b>	0.0753	<b>M</b>	0.1880	Casa Materia Orgánica	0.2433
<b>F</b>	0.0920	<b>N</b>	0.0880	Canal de desagüe	0.0422
<b>G</b>	0.1044	<b>O</b>	0.0315	Ornamentales	0.4514
<b>H</b>	0.0873	<b>P</b>	0.1023	Instalaciones, Pasillos y viales	0.5306

### **2.3 Estructura organizativa de la UBPC**

Durante los años transcurridos se han implementado diferentes estructuras organizativas de acuerdo a las fases de desarrollos alcanzadas. La estructura actual se resume en la **Figura 2**.



**Figura 2. ORGANIGRAMA DE LA UBPC Organopónico Vivero Alamar (Diciembre 2006).**

#### 2.4 Características del suelo presente en la UBPC en estudio

Las características generales del perfil de suelo de la zona donde se encuentra ubicada la UBPC Organopónico Vivero Alamar han sido descritas en trabajos anteriores (**Instituto de Suelos, 1995**) y se resume a continuación:

##### Perfil de suelo:

- a) **De 0-30 cm:** arcilla de color rojo con ligero matiz pardo oscuro debido a la influencia de la materia orgánica, friable, de estructura típica granular, fragmentaria fina, conglomerado de partículas de polvo, que contienen pequeñas cantidades de perdigón fino.

- b) **De 30-60 cm:** arcilla de color rojo más claro, friable, con perdigón fino en pequeñas cantidades.
- c) **De 60 cm o más:** caliza cavernosa, coco.

La fase poco rocosa del perfil de suelo contiene de un 20 a un 40 % de fragmentos de caliza fijos y sueltos, con floración puntiaguda e irregular de variados tamaños. Estos suelos pueden ser cultivados con medios manuales y tracción animal, presenta dificultades para el empleo de máquinas (aunque aquí se emplea un delaminador y equipos pequeños).

Debido a las labores de preparación de suelos y culturales éstos tienden a formar a la profundidad de 25 a 30 cm una capa endurecida que impide el desarrollo radical, por lo que se emplea el subsolador periódicamente, en dependencia de la profundidad radical activa de los cultivos a establecer.

En cuanto al drenaje, este suelo presenta excelente drenaje superficial e interno debido a su alta porosidad, absorción, fácil infiltración y percolación, debido a las características de la materia orgánica, presente en el perfil.

#### **2.4.1. Propiedades más destacadas del perfil del suelo**

##### **Uniformidad físico química del perfil desde la superficie hasta la roca madre.**

1. Excelente capacidad de absorción, pues recoge con rapidez toda el agua que recibe.
2. Madurez del suelo, gran profundidad de edafización.
3. Indicador de contracción y expansión limitada, se agrieta ligeramente en caso de extrema sequía, no se dilata excesivamente en caso de abundante humedad.
4. Alta resistencia a la erosión.
5. Elevada porosidad.

Predomina en estos suelos la arcilla motmorillonita, de alta capacidad de intercambio cationico, por lo que retiene los elementos nutrientes (micro y macro elementos), así como la materia orgánica, pues a pesar de su buen drenaje interno son suelos de elevada fertilidad natural.

Sus características físicas presentan una adecuada relación entre la solución del suelo y el aire del mismo, así como presenta el desarrollo de los sistemas radicales de los cultivos en toda la profundidad de los perfiles.

Por sus positivas características físico-químicas y su elevada fertilidad natural, son suelos de uso agrícola general.

En este caso con el objetivo de elevar la fertilidad actual así como la capacidad de retención se aplican dosis combinadas de humus y compost a razón de 1 Kg., de humus y 2 Kg. de compost por m<sup>2</sup> de superficie agrícola en tres repeticiones al año, en áreas de hortalizas.

## **2.5. Características climáticas de la zona de estudio**

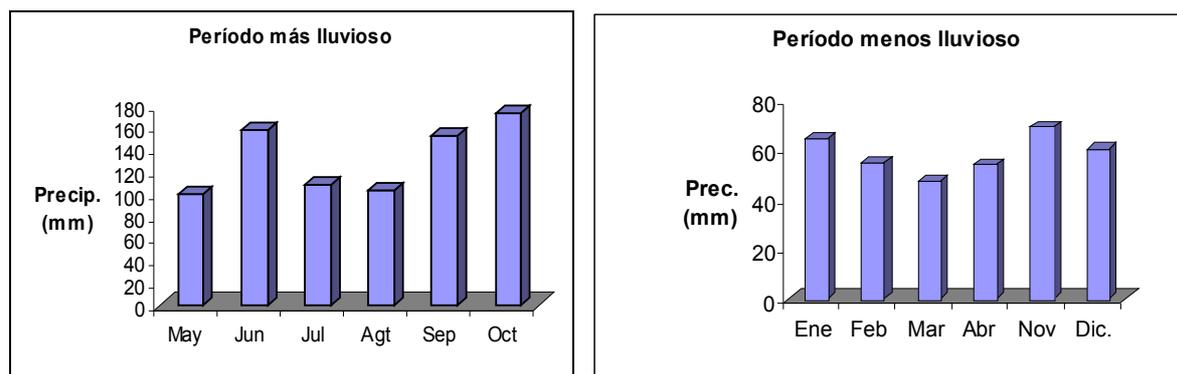
Partiendo de los resultados de un estudio climático realizado en esta zona (**Hernández et al, 2004**) se resumen las características de las principales variables climáticas.

**Humedad Relativa.** El mes más seco es Abril con 74 %, obteniéndose valores inferiores a 80 % en los meses de Noviembre – Mayo, mientras que los valores más altos de humedad se observaron durante el período de Junio – Octubre. Durante todo el año y en general para toda la zona, la marcha anual diaria de la humedad relativa del aire presenta valores máximos en horas de la madrugada y valores mínimos en horas del medio día.

**Velocidad y dirección del viento.** Por lo general los valores de velocidad y dirección del viento no muestran diferencias significativas, las mayores velocidades se observan en los meses de Marzo (23.5), Mayo (23), Octubre (24.6) y Noviembre (23.8). La dirección que predomina en dicha zona son los del Nordeste. Es meritorio señalar el comportamiento de esta variable en el mes de septiembre que nos declara una “calma” la cual es de tener en cuenta ya que este mes está incluido dentro de la temporada ciclónica alta.

**Insolación.** La insolación media anual es de 7.7 horas con poca variación de un año a otro. La media mensual puede alcanzar valores máximos hasta de 9.1 horas en el mes de Abril, 8.4 en Marzo y 8.6 en Mayo, mientras que en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero es mínima y tiene valores de 6.7, 6.6, 6.7 y 6.9 horas respectivamente. Esta situación es similar a la de otras áreas del Caribe donde se ha señalado, que la nubosidad relativamente débil de la época de seca en comparación con la época de lluvias hace disminuir relativamente el valor de la insolación en este período del año, (**Turenne, citado por Favrot et al., 1987**).

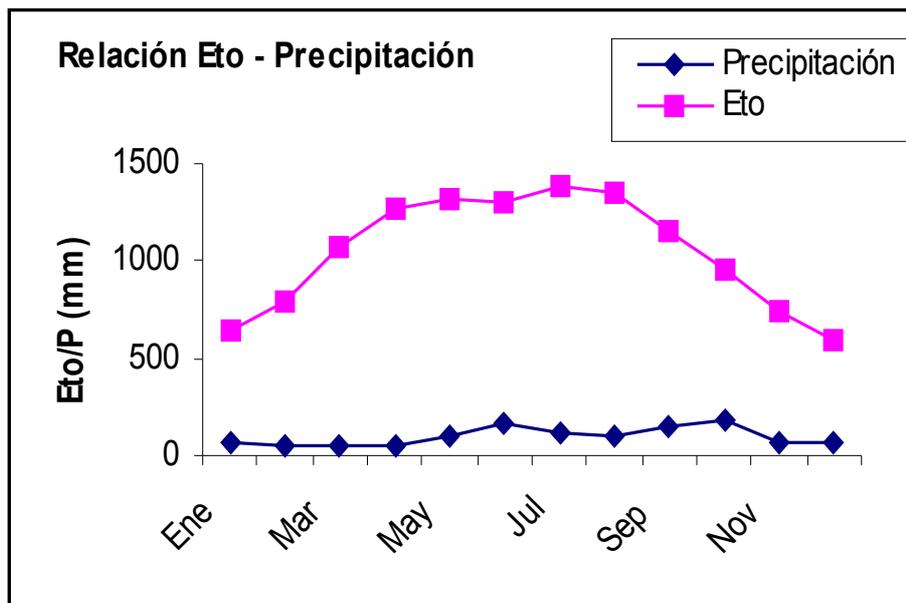
**Precipitaciones.** El valor promedio de la lámina anual de lluvia que precipita en este municipio es de 1446.6 mm. En su distribución mensual, Febrero resulta el mes más seco con 54.9 mm (influencia de la entrada de frentes fríos con lluvia) y Octubre el más lluvioso con 173.6 mm (temporada ciclónica alta). El comportamiento mensual de la lluvia (**Figura 3**) muestra la existencia de dos periodos bien definidos: una temporada lluviosa o húmeda que se prolonga desde Mayo hasta Octubre donde los valores mensuales son superiores a los 100 mm y una temporada seca, de Noviembre a Abril, con láminas inferiores a los 60 mm.



**Figura 3. Distribución de la precipitación por periodos en la zona de estudio.**

**Evapotranspiración de referencia (Eto).** La Eto estimada, según la fórmula modificada de Penman, (**Ramírez et al, 1988**) alcanza un valor de 1277 mm anuales, siendo Diciembre el mes con menor valor (20.0 mm) y Julio el mes de máxima evapotranspiración (46.3 mm).

En la **figura 4** se ilustra el **balance agroclimático** obtenido para el área de estudio, cuyo rasgo principal es que la Eto excede en todo el período a la precipitación promedio. Desde el punto de vista climático debido a la distribución irregular de las lluvias, se hace inoperante la utilización de índices promedios de lluvias obtenidos sobre la base de periodos de tiempo mayores de una quincena.



**Figura 4. Balance agroclimático de la zona de estudio (Evapotranspiración de referencia (Eto) y Precipitaciones).**

## 2.6 Calidad del agua para riego

La zona de estudio se caracteriza por la escasez de agua en el subsuelo, no obstante para áreas pequeñas de cultivos de hortalizas, es posible obtener el abastecimiento necesario a esta escala con pozos de 1 l/s a 30 metros de profundidad. En la UBPC se cuenta con suficiente suministro de agua para los cultivos, producto de la perforación de tres pozos en la zona de la misma.

Se tomaron muestras de los tres pozos en explotación y se llevaron al laboratorio de Suelo y Agua del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, el cual emitió los resultados que aparecen en la **Tabla 2**. Como se puede apreciar estas aguas pueden ser evaluadas de buena calidad para el riego teniendo en cuenta los criterios de propiedades físico químicas como la conductividad eléctrica,  $C_e$ , y el pH; según lo planteado por (Ayers y Westcot, 1994).

Sin embargo, si se analizan los altos valores de nitratos presentes en estas aguas y según los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005) estos indican contaminación. Este es un aspecto a tener en cuenta para estudios posteriores que puede estar relacionado con un uso irracional de fertilizantes nitrogenados.

**Tabla 2. Resultados del análisis de calidad del agua de los pozos de la UBPC Organopónico Vivero Alamar (Enero 2007).**

Pozos	Ce dS/m	pH	NO <sub>3</sub> ppm
1	0.75	7	43
2	0.71	7	18
3	0.6	7	25
5	0.6	7	27

### **2.7. Características generales de los sistemas de riego existentes en la UBPC**

En el área de estudio existen tres bombas instaladas, una distribuye el agua para el área de Riego Localizado, otra para las Casas de Cultivo y el área de Riego por Aspersión y una tercera para el Centro de Materia Orgánica y el Vivero de Frutales.

Los sistemas de riego localizado utilizan el microjet de 2 x 140 x 1.0 mm con  $\Phi$  de salida de 1mm, espaciados a 1 metro cada uno y una longitud de los laterales de 30 y 40 metros en función de las longitudes de los canteros.

Los sistemas de riego por goteo utilizados en las casas de cultivo tienen emisores del tipo Interlinea Netafin de 4L/s, insertados en el lateral y espaciados a 0.40cm cada uno, con una longitud de lateral de 70 metros.

Los sistemas de riego por aspersión utilizan el aspensor UNIRAIN-F-46L, con un espaciamiento de 9mx9m y un caudal de 0.254 l/s determinado en el Laboratorio Hidráulico del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (Enero 2007).

### **2.8. Características generales de la investigación a realizar en la UBPC**

La investigación se realizó en dos fases. En la **primera fase** se realizó el diagnóstico de la gestión de la calidad en el manejo del riego en la UBPC estudiada, tomando como modelo la Norma Cubana sobre Sistemas de Gestión de la Calidad NC ISO, 9001:2000. Para ello se utilizaron entrevistas, encuestas y la recopilación de toda la información disponible sobre la gestión y operación de los sistemas de riego y la productividad agrícola de la UBPC.

Para el análisis de la problemática existente en la UBPC en cuanto al manejo de los sistemas de riego y su influencia en el desempeño productivo de la misma así como la proyección estratégica para resolver estas deficiencias, se aplicó la técnica de la matriz DAFO con la información de las encuestas y entrevistas aplicadas.

En la **segunda fase** se escogieron áreas representativas de los distintos sistemas de riego existentes en la UBPC para determinar la eficiencia de operación de los mismos, tomando como indicador el Coeficiente de Uniformidad.

En el caso del **riego localizado**, se tomó el **bloque H** (ver Figura 1) como la sub unidad de riego crítica, donde se estimaron caudales y presiones para la determinación del CU. Esta área cuenta con un sistema de riego por micro difusores con tipo microjet y abarca una parcela con una longitud de 40 m. El cultivo presente en el momento del estudio fue el tomate, variedad **Roma**.

La determinación del CU total de este tipo de sistema de riego se hizo en 11 sub unidades tomando sólo el valor crítico de presión.

Por otra parte, la Casa de Cultivo evaluada también cuenta con un sistema de riego localizado, pero con emisores del tipo Netafin de 4L/h, insertados en el lateral y se encontraba en fase de preparación del suelo para la siembra.

Para el caso del **riego por aspersion** se tomó el **bloque J** (ver Figura 1) como el área de referencia para las evaluaciones, esta área tiene un sistema de riego por aspersion con aspersores UNIRAIN-F-46L y el cultivo presente en el momento del estudio fue la col, variedad **Kiose 17**.

## **2.9. Métodos empleados en la primera fase del estudio**

### **Métodos Empíricos:**

- ❖ Observación. Para conocer el estado actual del funcionamiento de los sistemas de riego.
- ❖ Encuestas a los miembros de la Junta Directiva de la UBPC para conocer las características productivas, los rendimientos históricos que allí se obtienen, el nivel de implementación de los requisitos de la norma NC ISO 9001:2000 y cómo se planifica la capacitación de los obreros, si se dominan las normativas técnicas para la operación y

explotación de los sistemas de riego con que cuentan. En el **Anexo 1** se presenta el modelo de encuesta aplicado.

### Métodos Teóricos.

- ❖ Histórico – Lógico. Para conocer la trayectoria en cuanto a la explotación de los sistemas de riego, sus antecedentes, así como su evolución en cuanto al uso eficiente del agua y la energía. Para ello se trabajó con el análisis de los expedientes de campo y registros existentes en la UBPC.
- ❖ Analítico – Sintético e Inductivo Deductivo. Para el estudio teórico de la información científica consultada y procesada para conocer la evolución de la calidad en el manejo de los sistemas de riego empleados, así como las acciones a desarrollar para un manejo eficiente de los mismos.
- ❖ Para desarrollar la matriz DAFO se siguió el siguiente principio en el razonamiento:

	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>FORTALEZAS</b>	La fortaleza que analizamos nos permite aprovechar la oportunidad	La fortaleza que analizamos nos facilita atenuar la amenaza.
<b>DEBILIDADES</b>	La oportunidad que valoramos nos permite atenuar la debilidad	La amenaza que analizamos potencia la debilidad.

De acuerdo con el análisis de estos cruzamientos pudimos determinar cuales son las opciones estratégicas que presentan la UBPC y las alternativas o problemas de mayor prioridad a resolver en el aspecto del manejo del manejo de los sistemas de riego, manteniendo los siguientes principios en los cruzamientos de la matriz:

	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>FORTALEZAS</b>	Aprovechar al máximo las oportunidades para explotar las potencialidades de la UBPC	Apyados en las potencialidades de la UBPC afrontar las amenazas que imprime el entorno.
<b>DEBILIDADES</b>	Utilizar al máximo las bondades que ofrecen las oportunidades del entorno para atenuar las deficiencias de la UBPC	Establecer una política de resistencia para evitar la consolidación de las amenazas que pueden acrecentar las deficiencias en la UBPC

## 2.10. Metodología utilizada para la segunda fase del estudio

### 2.10.1. Determinación del coeficiente de uniformidad de caudal y presión en los sistemas evaluados.

- **Sistemas de riego localizado.**

Para la determinación del Coeficiente de Uniformidad de caudal y presión (CU y CUP respectivamente) en riego localizado se siguió la metodología planteada por (Merriam y Keller, 1978) que propone las siguientes expresiones para su cálculo:

$$CU = \frac{Q_{25\%}}{Q_n} * 100$$

$$CUP = \left( \frac{P_{25\%}}{P_n} \right)^X * 100$$

**Donde:**

**Q<sub>25 %</sub>** y **P<sub>25 %</sub>**: media del caudal y la presión registrada en los 4 emisores (25%) que presentan menos caudal y menor presión.

**Q<sub>n</sub>** y **P<sub>n</sub>**: caudal y presión medios registrados en los 16 emisores evaluados.

**X**: exponente de descarga del emisor.

Para esta evaluación se seleccionaron 16 emisores en cada área de estudio. Para ello se siguió el criterio de elegir sub unidades a estudiar y en ella se seleccionaron 4 laterales: el primero, el ubicado a 1/3 del origen, el situado a 2/3 y el último. En el **Anexo 3** se muestra un diseño tipo de las sub unidades de riego para este tipo de evaluación.

Los instrumentos utilizados para medir los caudales de los emisores y las presiones fueron los siguientes:

- Cronómetro.

- Probeta graduada.
- Manómetro.
- Libreta de campo para toma de datos.

El **procedimiento seguido** para la evaluación fue el siguiente:

- Seleccionar el sector de riego y localizar los puntos de medida.
- Registrar en la probeta el agua aplicada de cada microjet seleccionado durante un intervalo de tiempo,  $t= 15$  seg.

Convertir todas las lecturas de caudales en litros por hora a partir de la expresión:

$$Q(L/h) = 36 \times Q(ml/s)$$

- Se midió además la presión de trabajo en cada emisor seleccionado con el manómetro y se convirtieron los valores de  $kgF/cm^2$  a atmósfera.
- Para el cálculo del CUP se utilizó el exponente de descarga del emisor (X) que se determinó a partir de la siguiente expresión (**Hernández, et al. 1987**):

$$X = \frac{\log \left( \frac{q_1}{q_2} \right)}{\log \left( \frac{h_1}{h_2} \right)}$$

**Donde:**

$q_1$  y  $q_2$  : caudales máximo y mínimo de los emisores seleccionados

$h_1$  y  $h_2$  : presiones máxima y mínima de los emisores seleccionados.

- **Sistemas de riego por aspersión.**

Para realizar la evaluación se seleccionó un lugar representativo de las condiciones medias de la parcela.

La evaluación del aspersor consiste básicamente en colocar una red de pluviómetros en el campo y medir las diferentes variables que intervienen en el proceso de riego. En la **Figura 6** se muestra una foto de la evaluación de campo realizada.



**Figura 6. Evaluación de campo de la pluviometría de un aspersor en el área seleccionada para el estudio**

Para el procesamiento se utilizó el Programa CATCH 3D, que simula la uniformidad de aplicación de agua de los modelos de aspersión rectangular o triangular, solapando las mediciones de los evaporímetros de cualquiera de los cabezales de aspersión de la prueba o solamente de la línea de prueba lateral.

Uno de los factores prácticos a tener en cuenta en el funcionamiento de los aspersores es el caudal emitido, el mismo esta en función del tamaño de las boquillas y la presión existente en las mismas y viene dada por la curva característica del emisor (**Hernández., et al. 1987**):

$$Q = K * H^x$$

**Donde:**

**Q:** caudal emitido (l/h)

**H:** presión en boquillas (m.c.a.)

**K y x:** constantes del aspersor, donde  $x \approx 0,5$

Se estimó esta curva característica no solo a partir de los datos obtenidos con el programa CATCH-3D sino que se realizó también la evaluación hidráulica en el Laboratorio Hidráulico del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, utilizando para ello el método de aforo volumétrico en un tanque de un área de  $0.7897\text{m}^2$  y una altura piezométrica de 0-10 m.

Otro factor importante analizado fue el marco o disposición de los aspersores, el mismo determina las interacciones o solapes entre los modelos de distribución de agua de los aspersores contiguos para lograr una buena uniformidad de reparto de agua. El espaciamiento entre aspersores debe reducirse al aumentar la velocidad del viento

### **2.11 Base normativa y herramientas de trabajo para los estudios de calidad en el manejo de los sistemas de riego**

Para este trabajo se toman como base las siguientes normas y regulaciones vigentes en materia de calidad y gestión del agua en unidades productivas:

- Normas ISO (2000-2005)
- Normas ISO 9000: 2005 Sistemas de gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario.
- Normas ISO 9001: 2000 Sistemas de gestión de la Calidad. Requisitos.
- NC ISO 22000. 2005. Sistemas de Gestión de la Inocuidad de los alimentos. Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria
- Guía Metodológica para realizar Diagnósticos de Calidad en las labores de atención a las plantaciones cañeras del MINAZ (Rodríguez, 2002)
- Lineamientos para la elaboración de encuestas y entrevistas de acuerdo a las Buenas Prácticas de Manufactura de EUREPGAP. (FAO, 2002)
- Manual para multiplicadores ‘‘Mejoramiento de la Calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas’’ (FAO, 2002)

- Normas Ramales en la actividad de Riego y Drenaje. **(MINAG, 1985)**
- **NRGA 710. 1986.** Pronóstico del Momento de Riego. Determinación. Método Gravimétrico.
- **NRGA 709. 1986.** Pronóstico del Momento de Riego. Determinación. Método bioclimático.
- **IIRD-MINAG, 2004.** Reglamento de Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Riego.
- **Torralba, V. 2007.** Instructivo de operación y mantenimiento de Casas de Cultivo Casas de Cultivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados del diagnóstico general de la gestión de los sistemas de riego y análisis de la proyección estratégica y alternativas de solución de la problemática existente

Los resultados obtenidos en la encuesta realizada se resumen en la Tabla 3.

**Tabla 3. Resumen de los resultados de las encuestas aplicadas a los miembros de la Junta Directiva de la UBPC.**

INDICADORES	VALORACION
1. La dirección y los trabajadores conocen los principios establecidos en la Norma NC-ISO 9001 sobre Gestión de la Calidad.	No hay conocimiento.
2. Se cumple con lo establecido en el Reglamento de Operación de los Sistemas de Riego para el manejo de los mismos en la UBPC	Implementado pero faltan detalles.
3. La Junta Administrativa ha definido una Política de Calidad en cuanto al desarrollo del riego en la UBPC	Implementado pero faltan detalles
4. Existen y están documentados los objetivos en cuanto a la calidad del riego.	Parcialmente implementado
5. Están definidas las funciones, autoridades y responsabilidades en la UBPC en cuanto a la calidad en el manejo de los sistemas de riego.	Implementado pero faltan detalles
6. La Junta Directiva analiza periódicamente los problemas existentes en la UBPC respecto al manejo del riego y su incidencia en los resultados productivos.	Implementado pero faltan detalles
7. Se determinan las necesidades de recursos para la mejora de la calidad en el manejo del riego en la UBPC.	Implementado pero faltan detalles
8. Para determinar la idoneidad de los trabajadores vinculados a la actividad del riego se tiene en cuenta su nivel de educación, calificación, habilidades y experiencia en esta actividad.	Implementado pero faltan detalles
9. Se identifican las necesidades de adiestramiento y desarrollo del conocimiento de los trabajadores respecto a la actividad de riego	Parcialmente implementado
10. Se planifican y se satisfacen los servicios de apoyo en la organización del riego	Parcialmente implementado
11. Se cuenta con el equipamiento apropiado para el desarrollo de un riego eficiente	Inicialmente implementado

12. Existen mecanismos de estimulación del personal en todas las áreas que reconozcan los logros individuales y colectivos en cuanto a la calidad del trabajo realizado	Implementado pero faltan detalles
13. Están definidos los parámetros técnicos relativos a la calidad del manejo de los sistemas de riego.	Implementado pero faltan detalles
14. Están definidos e implementados los parámetros para su inspección y evaluación	Parcialmente implementado
15. La UBPC con instrumentos de medición que garanticen el control de la ejecución del riego (manómetros, tensiómetros y otros instrumentos de determinación de humedad del suelo)	Inicialmente implementado.
16. Existen mecanismos que garanticen la toma, análisis y evaluación de datos de índices productivos para la toma de decisiones (y en específico el riego) para la mejora del mismo	Parcialmente implementado
17. La UBPC tiene como meta la mejora del desempeño en la ejecución del riego	Implementado
18. El personal de la UBPC participa en la mejora del desempeño de la actividad del riego	Implementado pero faltan detalles
19. Se ejecutan acciones correctivas y preventivas	Implementado pero faltan detalles

La información obtenida a través de la encuesta y las entrevistas realizadas fue procesada y analizada a partir de la técnica de la matriz DAFO y se identificaron las fortalezas y debilidades de la UBPC en la gestión del riego así como las oportunidades y amenazas que ofrece el entorno para su proyección estratégica en este aspecto de su desempeño empresarial.

**Principales fortalezas que se identificaron:**

- Rendimientos agrícolas sostenidos y reconocidos como de referencia en el movimiento de agricultura urbana.
- Autoabastecimiento alimentario de los asociados y sus familiares con esfuerzo cooperado.
- Mejor control en la utilización de los recursos materiales, financieros y humanos mediante el carácter de autogestión de la unidad productora.
- Participación de los asociados en la toma de decisiones dado su carácter cooperativo.
- Existen mecanismos de estimulación del personal en todas las áreas que resaltan los logros individuales y colectivos en cuanto a la calidad del trabajo realizado.

- Contar con una infraestructura de riego muy superior a la media entre las unidades de la agricultura urbana.
- La UBPC tiene como meta a corto y mediano plazo la mejora del desempeño en la ejecución del riego.
- Están identificadas las necesidades de recursos para la mejora de la calidad en el manejo del riego en la UBPC.
- Ambiente físico, social e infraestructural para el desarrollo de programas de capacitación adecuado ya que poseen medios y recursos para la superación científica y las áreas y locales están correctamente acondicionados.
- Para determinar la idoneidad de los trabajadores vinculados a la actividad del riego se tiene en cuenta su nivel de educación, calificación, habilidades y experiencia en esta actividad.

#### **Principales debilidades identificadas:**

- Desconocimiento de las normas NC ISO 9000.
- Deterioro físico de la red de tuberías e hidrantes que provoca fugas de agua y pérdida de la presión de trabajo en diferentes puntos de los sistemas de riego instalados.
- Incorrecto diseño hidráulico de la red de laterales y emisores así como una colocación irregular de los emisores con respecto a la altura del suelo.
- Incorrecto manejo del mantenimiento de los sistemas que provoca tupiciones en emisores y filtros del riego localizado.
- Falta de visión de la gerencia para la introducción de herramientas que aseguren la calidad de la gestión del riego.
- El manejo del riego no está adaptado a sistemas de rotación de diferentes especies de hortalizas, donde las necesidades hídricas no son las mismas y por tanto debe establecerse un régimen específico para cada cultivo.
- No existe un sistema de control de la eficiencia de operación de los sistemas a partir de indicadores de uniformidad y eficiencia de aplicación de los mismos.
- No se cuenta con instrumentos de medición que garanticen el control de la ejecución del riego.
- No existe suficiente abastecimiento de la materia orgánica (estiércol) para la producción de humus de lombriz, fertilizante orgánico indispensable para la mejora de

las características del suelo en cuanto a sus propiedades de retención y disponibilidad del agua para los cultivos.

- No se identifican las necesidades de adiestramiento y desarrollo del conocimiento de los trabajadores respecto a la actividad de riego para definir una estrategia de capacitación sistemática en esta materia.
- No se cuenta con el material docente específico para afrontar este tipo de capacitación especializada en riego y drenaje, ésta se hace en el lugar y con un nivel mínimo.
- No están debidamente implementados los mecanismos que garanticen la toma, análisis y evaluación de datos de índices productivos para la mejora del manejo del riego.
- Poco desarrollo en la introducción de logros científico técnicos y nuevas tecnologías en materia de riego y drenaje.

#### **Oportunidades principales que brinda el entorno:**

- Disponer del apoyo estatal a partir de la implementación de un paquete de medidas para el incremento de la producción agrícola en general en el país. respecto a los SGC
- Reordenamiento de las delegaciones municipales de la agricultura para su fortalecimiento.
- Implementación de un programa para la reanimación de la industria nacional de regadío que permita ofertar a los productores sistemas de riego localizado y de mini aspersión a precios más asequibles.
- Disponer de las facilidades que brinda el sistema de extensionismo agrícola que vincula a diferentes instituciones científicas del MINAG con el movimiento de la agricultura urbana.
- Disponer de la asesoría técnica gratuita para la introducción de los adelantos científico tecnológicos a través de proyectos de investigación desarrollo del Programa Ramal de Riego y Drenaje rectorado por el IIRD y otros.
- Contar con una infraestructura y estrategia de capacitación a nivel ministerial en materia de riego y drenaje.
- Contar con una estrategia de actualización de normas y procedimientos en materia de riego y drenaje dentro de la dirección de calidad del ministerio de la agricultura.
- Contar con un reglamento actualizado para la operación y mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje que constituye una normativa para el control estatal de esta práctica agrícola.

- Poder realizar ventas en divisas de algunos productos agrícolas al sector del turismo para incrementar los fondos que puedan destinarse a la adquisición de insumos para el riego.

**Amenazas principales del entorno:**

- Limitaciones en la adquisición de divisas para la compra de recursos que permitan mejorar los sistemas de riego existentes y la adquisición de nuevos sistemas.
- Altos costos de sistemas de riego ofertados por firmas extranjeras que limitan su compra.
- Competitividad de otros sectores, principalmente el turismo, para obtener en menor tiempo divisas líquidas, ofertando además mejores condiciones laborales y de remuneración.
- Tendencias crecientes en los precios del combustible y otros insumos básicos de importación.
- Escases del recurso agua por la influencia de fenómenos climáticos adversos como la sequía.
- Falta de visión de los directivos en el sector agrícola para la introducción de herramientas que aseguren la calidad de la gestión del riego.
- Dualidad monetaria y falta de una tasa adecuada de cambio en el sector, para poder realizar una evaluación correcta de la gestión.
- Ausencia de un servicio estatal de maquinaria y riego para estas cooperativas urbanas.

Definidas estas variables se realizó el cruzamiento determinándose la matriz que se muestra en la **Tabla 4**, para ello se tuvieron en cuenta los principios que se enunciaron en el capítulo de materiales y métodos.

**Tabla 4. Resultado de la matriz DAFO en la gestión del riego de la UBPC estudiada.**

	<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<b>Fortalezas</b>	<p>Contar con rendimientos agrícolas sostenidos y reconocidos como de referencia en la agricultura urbana que permite aprovechar la priorización estatal del apoyo al sector agrícola para el incremento de la producción en el país.</p> <p>Aprovechar el apoyo estatal en la búsqueda de la reanimación de la industria nacional de regadío para la oferta de sistemas de riego a los productores.</p> <p>Fortalecer el vínculo con instituciones científicas y docentes aprovechando el sistema de extensionismo y las facilidades de infraestructura para la capacitación y asesoría especializada en riego y drenaje.</p> <p>Carácter participativo cooperativo de la organización que facilita el beneficio de los productores por los resultados económicos que se obtengan.</p> <p>Contar con un mercado seguro y con demandas crecientes en las ciudades que asimilan todas sus producciones.</p>	<p>Contar con una infraestructura de riego muy superior a la media en este tipo de unidades de la agricultura urbana permite atenuar las limitaciones de recursos.</p> <p>Contar con una base normativa y metodológica y una estrategia ministerial en materia de calidad permite afrontar nuevos enfoques de gestión empresarial en riego y drenaje.</p> <p>Fortalecer la diversificación del mercado de venta de los productos y ventas de algunos en divisas para poder invertir en la mejora de los sistemas de riego.</p> <p>Posibilidad de ahorro de los recursos agua y energía al incrementar los niveles de eficiencia de los sistemas de riego existentes permite atenuar los gastos por estos conceptos y aumentar la rentabilidad y sostenibilidad de las producciones.</p> <p>Retribución de las utilidades obtenidas y autoabastecimiento alimentario de los productores asociados, lo cual hace atractiva la organización en la competencia con otros sectores de la economía.</p>
<b>Debilidades</b>	<p>Utilizar el sistema de extensionismo agrícola para mejorar la capacitación y asesoría técnica en materia de riego y drenaje que facilite incrementar la eficiencia de los sistemas y la rentabilidad de las producciones.</p>	<p>Insuficientes niveles de producción que no cubren las necesidades crecientes de la población.</p> <p>Poca diversificación del mercado de la producción que limita la búsqueda de otras fuentes de financiamiento para la adquisición</p>

	<p>Aprovechar la estrategia de capacitación y normalización en materia de riego y drenaje a nivel ministerial para la introducción de una política de calidad en la gestión del riego de la UBPC.</p> <p>Aprovechar el fortalecimiento de la delegación municipal de la agricultura para buscar alternativas antes los problemas económicos y financieros.</p> <p>Aprovechar la infraestructura existente y los vínculos con instituciones científicas y educacionales para la superación del personal.</p> <p>Desarrollar sistemas de vinculación del hombre al área bajo riego y pago por resultados para elevar la eficiencia y productividad de estos sistemas.</p>	<p>de los insumos básicos en materia de riego que demanda la producción.</p> <p>Tendencias crecientes en los precios del combustible, otros insumos básicos y piezas de repuesto que limitan la adquisición de recursos.</p> <p>Falta de visión de los directivos en el sector agrícola para la introducción de herramientas que aseguren la calidad de la gestión del riego, lo que limita el desarrollo de este tipo de cooperativas con métodos y estilos de dirección tradicionalistas.</p> <p>Dualidad monetaria y falta de una tasa adecuada de cambio en el sector, para poder realizar una evaluación correcta de la gestión definiendo una nueva estrategia.</p> <p>Ausencia de un servicio estatal de maquinaria y riego para estas cooperativas urbanas que limita las capacidades productivas de las unidades y su autonomía.</p>
--	---	---

### **Opciones estratégicas para el mejoramiento de la gestión del riego en la UBPC estudiada.**

Del análisis de la matriz DAFO podemos observar las potencialidades y posibilidades que contamos en la UBPC para la mejora de la gestión del riego dadas por el apoyo estatal, la existencia de una estrategia de capacitación y normalización ministerial en materia de riego y drenaje, las condiciones de dirección colectiva, las bondades del sistema cooperativo, el potencial productivo con que cuentan a partir de la infraestructura de riego disponible así como el ahorro de recursos agua y energía que implicaría el aumento de la eficiencia de los mismos. Todo ello muestra el camino a seguir para la sostenibilidad y competitividad ante las amenazas que se presentan en el entorno actual.

La búsqueda de nuevas formas de financiamiento para la mejora de los sistemas de riego existentes y de modelos de estimulación que favorezcan la vinculación del hombre al área y el pago por la observación de una disciplina tecnológica adecuada en el manejo de estos sistemas, constituyen las bases fundamentales para enfrentar las principales dificultades económicas para la gestión del riego en la UBPC.

Lograr la capacitación del personal utilizando para ello la cooperación con las organizaciones científicas y docentes, la consolidación del sistema de extensionismo agrícola y la introducción de tecnologías de avanzada y enfoques de calidad son los pilares para poder fortalecer la efectividad de la gestión del riego en las UBPC.

La búsqueda de alternativas ante los problemas de la dualidad monetaria, la adopción de nuevos mecanismos para el financiamiento tanto externos como internos, las limitaciones de la comercialización de la producción con otros sectores como el turismo y la no existencia de un servicio estatal de maquinaria y riego para este tipo de cooperativas urbanas, representan las principales amenazas que en el orden nacional enfrenta la UBPC para la mejora de la gestión del riego y cuya solución está fuera de su alcance.

### Resultados de las evaluaciones de uniformidad de los sistemas de riego en las áreas seleccionadas.

Los resultados de la evaluación de caudal en la sub unidad de riego más crítica del sistema de riego localizado analizado, se presenta en la **Tabla 5**. Como puede observarse el **CU** de caudal no rebasa el 70%, por lo que puede decirse que esta sub unidad de riego presenta una operación ineficiente dado por la no uniformidad de emisión de los microjets, lo cuál provoca zonas donde la lámina aplicada está muy por debajo ó muy por encima de la media, creando diferencias espaciales en la disponibilidad del agua para el cultivo en cada riego.

**Tabla 5. Resultados de la evaluación de caudales en la sub unidad mas critica de la unidad de riego localizado analizada.**

Localización dentro de los 16 emisores	No. Emisor	Volumen registrado en 15 seg (ml)			
		Localización dentro de los laterales			
		inicio	1/3	2/3	Final
<b>Inicio</b>	1	186	152	154	160
1/3	12	170	192	250	200
2/3	26	148	196	142	170
<b>Final</b>	40	129	74	152	100
<b>Caudal del cuarto más bajo por planta q 25% (L/h)</b>					26.4
<b>Caudal medio por planta q (L/h)</b>					38.4
<b>CU</b>					<b>68.75 %</b>

En la **Tabla 6** se resume el resultado de la determinación del exponente de descarga del emisor, evaluado en la sub unidad más crítica. Respecto a este exponente algunos autores plantean utilizar  $x=0.5$  para un régimen turbulento y  $x=1$  para un régimen laminar, en nuestro caso determinamos este exponente en condiciones normales de trabajo en el campo.

Como puede apreciarse el resultado de la determinación de este exponente para las condiciones de estudio es de 0.6 que está dentro del rango establecido para el mismo, demostrando el predominio de un régimen turbulento para este emisor microjet.

**Tabla 6. Resultados de la determinación del exponente de descarga del emisor (X) en la sub unidad más crítica de riego localizado.**

Emisor	Volumen de aforo en 15 seg. (ml)	
	Presion 1: 1,5 atm	Presion 2: 1.0 atm
1	186	100
2	152	152
3	170	74
4	160	196
<b>Volumen medio (ml)</b>	167	130.5
<b>Caudal medio (l/h)</b>	40.08	31.32
<b>X</b>	<b>0.61</b>	

Por su parte los resultados de la evaluación de presión en esta sub unidad de riego más crítica se presentan en la **Tabla 7**. Como puede observarse el **CUP** está alrededor del 88%, lo cual puede considerarse aceptable según **(Rodrigo y Pérez, 1994)**.

No obstante hay que tener en cuenta que en el riego localizado existe una condición de diseño que partiendo de la presión de trabajo del emisor (1.5 atm en este caso) no debe existir en el lateral más de un 10 % de diferencia de presión entre el primer emisor y el ultimo. Esta condición no se cumple para este sistema evaluado y por consiguiente al final del campo las plantas estarán recibiendo menor agua que las plantas que se encuentran al inicio del campo.

**Tabla 7 Medida de la uniformidad de presiones en la subunidad**

Localización dentro de los 16 emisores	Presiones en laterales (atm)			
	Localización dentro de cada lateral			
	Primero	1/3	2/3	Final
Primero	1.5	1.5	1.6	1.5
1/3	1.5	1.3	1.2	1.2
2/3	1.4	1.1	1.2	1.2
Final	1.2	1.0	1.0	1.0
Presión media de los cuatro valores más bajos P 25%				1.025
Presión media de los 16 valores				1.275
CUP				87.56 %

La diferencia entre el **CUP** y el **CU** de caudal está relacionada fundamentalmente con los problemas observados durante el diagnóstico, de tупición de emisores y salideros presentes en los laterales del sistema que hacen más variable el caudal que se recibe de cada emisor.

En la **Tabla 8** se presentan los resultados de las determinaciones de presión en las 11 sub unidades de riego escogidas dentro del sistema de riego localizado. Como puede observarse el valor del **CUS** para el sistema de riego localizado en general es de 67% lo cual es totalmente inaceptable (**Rodrigo y Pérez, 1994**), dando una medida evidente de la ineficiencia del sistema de riego en general.

**Tabla 8. Evaluaciones de presión en las sub unidades de riego localizado analizadas.**

subsectores	Presión mínima (atm)
1	0.8

2	1.0
3	1.0
4	0.9
5	1.0
6	0.4
7	0.9
8	0.8
9	0.8
10	0.8
11	0.8
<b>Presión media del 25 % mas bajo</b>	<b>0.8</b>
<b>Presión media de las mínimas.</b>	<b>0.84</b>
<b>Factor de corrección fc</b>	<b>0.97</b>
<b>CUS</b>	<b>67%</b>

Por otra parte, en la **Tabla 9**, se presenta los resultados de la evaluación del **CU** en el sistema de riego localizado por goteo en el área de Casas de Cultivo. Como se puede apreciar el resultado del **CU** para el sistema evaluado es de 74.1 %, lo que se considera inaceptable según lo planteado por **Torralba (2007)**.

**Tabla 9. Resultados de la evaluación del CU en el sistema de riego localizado por goteo en el área de Casas de Cultivo.**

Localización dentro de los 16 emisores	Presiones en laterales (atm)			
	Localización dentro de cada lateral			
	Primero	1/3	2/3	Final
Primero	5.2	7.72	7.74	7.59
1/3	5.0	4.81	6.15	5.42
2/3	5.7	5.61	5.91	12.7
Final	5.6	4.65	5.67	10.82
	<b>Presión media de los cuatro valores más bajos P 25%</b>			
	<b>Presión media de los 16 valores</b>			
	<b>CU</b>			<b>74.1%</b>

Los resultados de la evaluación de la uniformidad de los sistemas de riego localizado escogidos para el estudio demuestran las deficiencias de operación y explotación de los sistemas de riego presentes en la UBPC.

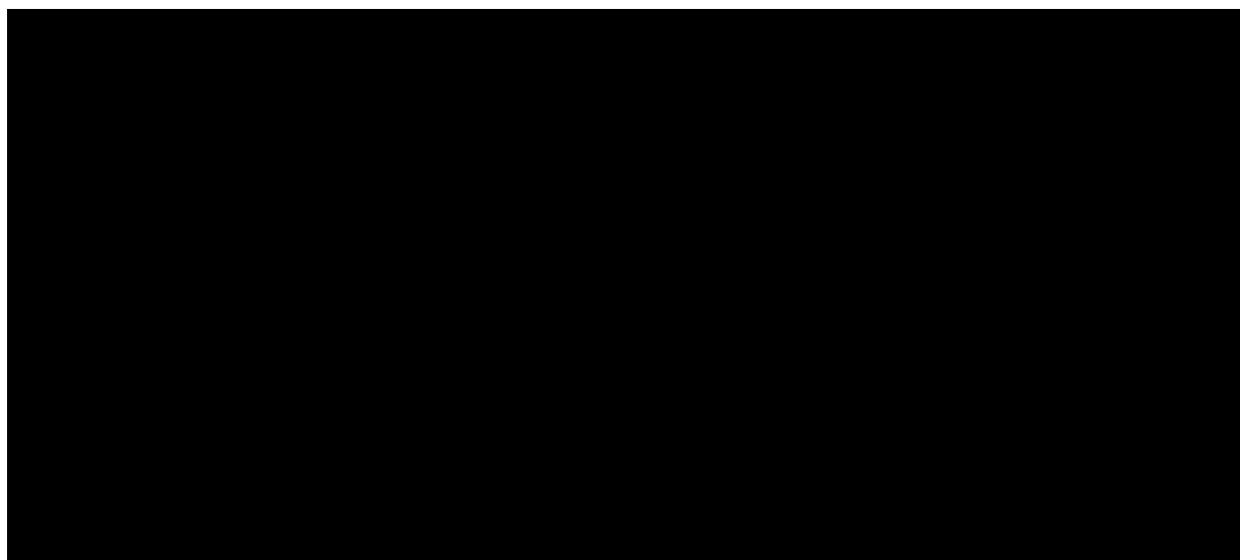
Por último se presentan los resultados de la evaluación del sistema de riego localizado por aspersión.

En la **Tabla 10** se reflejan los valores de **CU** simulados por el programa CATCH 3D para diferentes espaciamientos del aspersor UNIRAIN F-46-L. En la **Figura 7** se muestra la curva de descarga de este aspersor que responde a una ecuación de tipo exponencial con un alto

coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,997$ ), reflejando un comportamiento lógico donde a medida que aumenta la presión de trabajo aumenta el caudal emitido por el emisor.

**Tabla 10. Valores de CU simulados por el programa CATCH 3D para diferentes espaciamientos del aspersor UNIRAIN F-46-L.**

Área (m <sup>2</sup> )	Espaciamiento (m)	CU (%)	UD 25% (%)	EAL (%)	Lamina Neta Aplicada (mm)
36	6x6	67.5	44.0	2.4	1.3
48	6x8	56.5	46.4	2.6	1.0
64	8x8	62.1	38.1	2.1	0.8
54	6x9	54.8	43.6	2.4	0.9
54	9x6	54.4	35.6	2.0	0.9
81	9x9	51.3	14.5	0.8	0.6



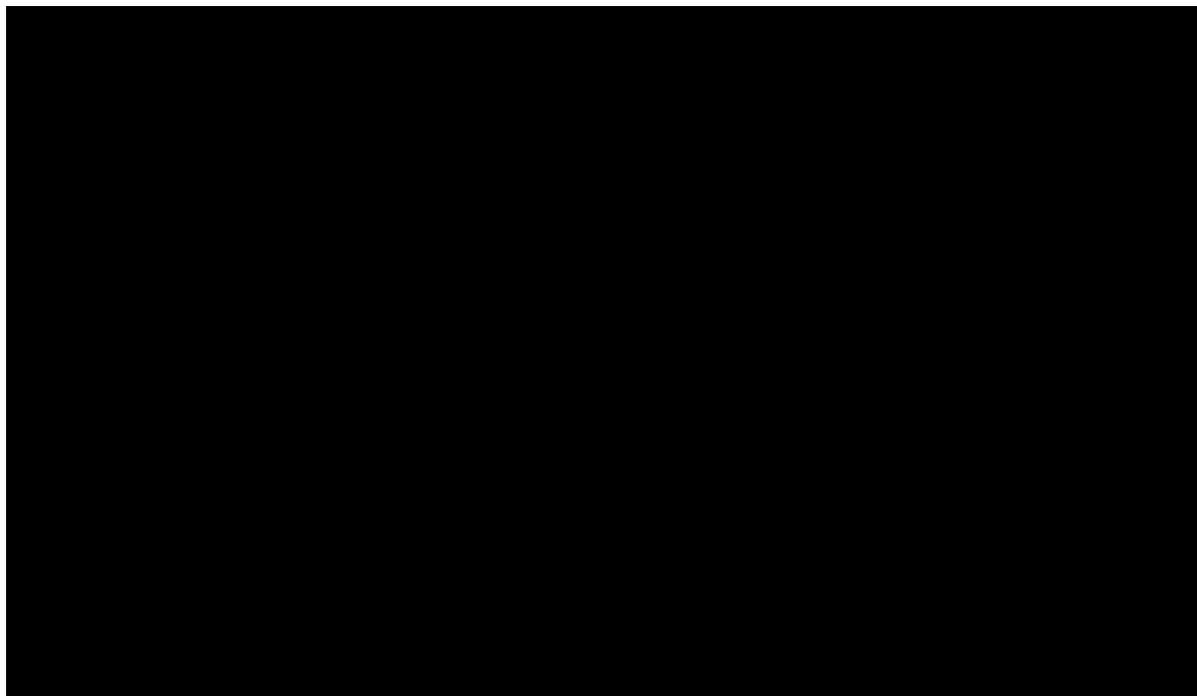
**Figura 7. Curva Caudal-Presión del aspersor UNIRAIN F-46-L simulada con el programa CATCH 3D.**

En la **Figura 8** se representa gráficamente el comportamiento de la forma de reparto del agua simulada con el modelo CATCH 3D para la condición de un espaciamiento de 9x9m, que es el diseño con el que se trabaja en el sistema de riego por aspersión evaluado en la UBPC.

Esta curva se corresponde con un modelo tipo Rosquilla (**Tarjuelo, 1999**), no obstante como se observó en la **Tabla 10**, para este espaciamiento se alcanza un bajo CU (51.3%) que se relaciona con la disminución de la presión de la boquilla y por tanto el solape que puede alcanzarse es inaceptable.

Este marco de plantación de 9mx9m representa la menor eficiencia de aplicación del agua (EAL = 0.8 %) y por tanto las menores laminas de riego aportadas al cultivo, lo cual puede

influir en los bajos rendimiento agrícolas. Por estas razones debe ser sustituido por el marco de plantación de 6mx6m para lograr una mejor distribución del riego.



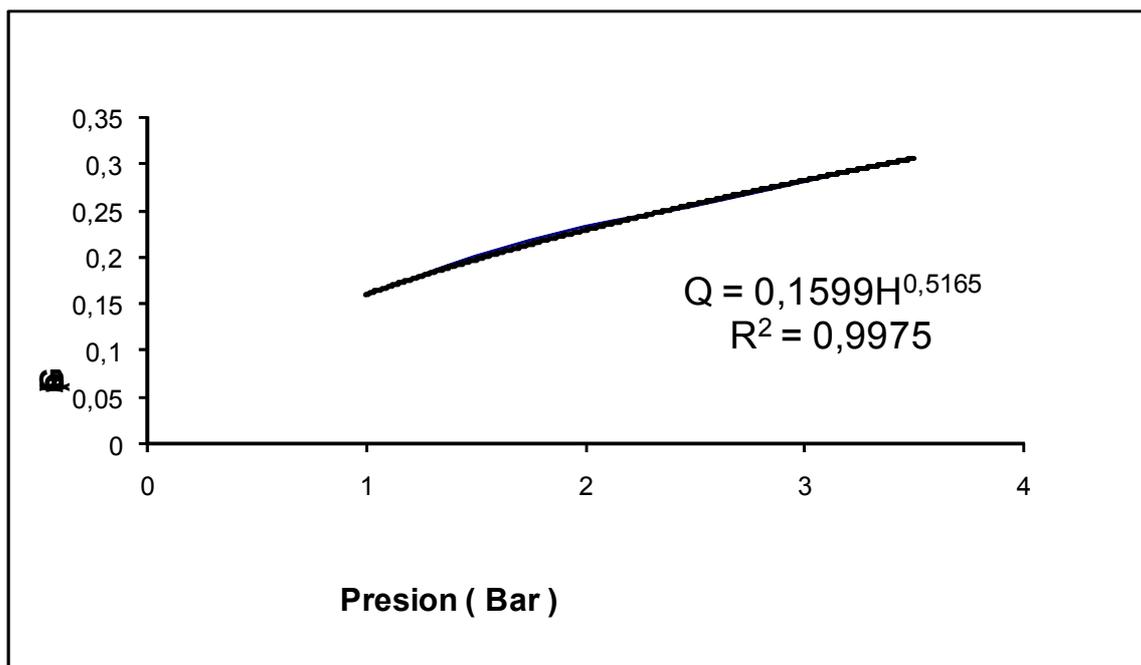
**Figura 8 Comportamiento de la forma de reparto de agua simulada por el CATCH 3D para el espaciamiento 9mx9m del aspersor UNIRAIN F-46-L.**

Por otra parte también se analizan los resultados de la evaluación hidráulica de este tipo de aspersor en condiciones de laboratorio. Estos se resumen en la **Tabla 11**.

En la **Figura 9** se muestra la curva caudal presión del aspersor evaluado obtenida en condiciones de laboratorio. Como puede apreciarse se tiene un comportamiento similar a la curva simulada con el programa CATCH 3D (**Figura 7**), lo cual valida la utilidad de esta herramienta computacional para la evaluación de las características de trabajo de los aspersores.

**Tabla 11. Resultados de la evaluación hidráulica del aspersor UNIRAIN F-46-L en condiciones de laboratorio.**

No	Presión de Trabajo (atm)	Volumen de aforo (L)	Tiempo de aforo (seg)	Gasto medio de aforo (l/s)
1	1,00	78.61	60	0.158
2	1,50	78.61	60	0.200
3	2,00	78.61	60	0.232
4	2,50	78.61	60	0.254
5	3,00	78.61	60	0.28
6	3,50	78.61	60	0.306



**Figura 9. Curva Caudal-Presión del aspersor UNIRAIN F-46-L obtenida en condiciones de laboratorio.**

### **Propuesta de Plan de Acción para la implementación futura de un sistema de Gestión de la Calidad en la actividad del riego en esta cooperativa urbana.**

La integración de los resultados del diagnóstico de la gestión del riego en la UBPC y el análisis de la proyección estratégica y las alternativas para la solución de las deficiencias existentes, unido al resultado de las evaluaciones de campo de los mismos, permitió definir y proponer el siguiente **Plan de Acción** para la mejora de la gestión del riego en esta cooperativa urbana:

3. Adecuar un material docente específico para la implementación de una capacitación del nivel de la alta dirección en una primera fase y, para los trabajadores en general, sobre Normas ISO 9000 en Gestión de la Calidad.
4. Consolidar los materiales docentes existentes para la implementación de una capacitación especializada en materia de riego y drenaje para las condiciones de la UBPC estudiada, aprovechando para ello el vínculo con el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje y otras instituciones científicas y docentes del municipio.
5. Definir como resultado de la capacitación la Política y Objetivos de Calidad en cuanto al riego, así como las funciones y responsabilidades en la UBPC.
6. Contratar a través de un proyecto de servicio científico técnico con el Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje o con la Empresa Nacional de Proyectos Agrícolas un estudio detallado para el rediseño de la red de riego general de la UBPC, definiendo en cada tipo de sistema la propuesta más adecuada. En el **Anexo 2** se da una primera propuesta de diseño para el área de riego localizado.
7. Establecer un sistema de monitoreo y seguimiento al cumplimiento de las Normas Ramales de Riego vigentes y del Reglamento de Operación y Mantenimiento de los sistemas de riego, en especial el indicador de eficiencia de operación de los mismos.
8. Realizar a partir de un proyecto de investigación desarrollo en el marco del Programa Ramal de Riego y Drenaje del MINAG u otro, un estudio de factibilidad técnico económica para la introducción de tecnologías de avanzada en materia de sistemas de

riego que incrementen la eficiencia de los mismos y por tanto la rentabilidad de la producción agrícola.

9. Definir y actualizar sistemáticamente el programa de capacitación en materia de riego para los trabajadores, técnicos, obreros y profesionales vinculados a la actividad.
10. Priorizar la adquisición de los recursos indispensables para una gestión de calidad en la organización del riego que incluye equipamiento y otros insumos apropiados para el desarrollo eficiente del mismo.
11. Perfeccionar los mecanismos para la estimulación del personal vinculado a esta actividad que favorezcan la observación de una disciplina tecnológica para la mejora del desempeño en la gestión del riego.

#### **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

##### **CONCLUSIONES**

- Los resultados de análisis realizado en este estudio permitieron definir que las potencialidades de la UBPC para la mejora de la gestión del riego están dadas por la existencia de una estrategia de capacitación y normalización ministerial en materia de riego y drenaje, las condiciones de dirección colectiva del sistema cooperativo, la infraestructura de riego disponible así como el ahorro de recursos agua y energía que implicaría el aumento de la eficiencia de los mismos.
- Por otra parte también se definió que la búsqueda de nuevas formas de financiamiento para la mejora de los sistemas de riego existentes, de modelos más eficientes de estimulación, así como la capacitación del personal utilizando la cooperación con las organizaciones científicas y docentes y la consolidación del sistema de extensionismo agrícola, son los pilares para poder fortalecer la efectividad de la gestión del riego en esta cooperativa urbana.
- Las evaluaciones de eficiencia realizadas en diferentes áreas productivas de la UBPC mostró las deficiencias en la calidad de la operación de los sistemas de riego existentes, ya que los valores de coeficientes de uniformidad obtenidos tanto para el riego localizado (microjet con 67% y goteo con 74%) como para el riego por aspersión (51%) son inaceptables según las normativas técnicas vigentes.
- El plan de acción específico definido como resultado de este trabajo investigativo permitirá facilitar la implementación futura de un sistema de gestión de la calidad en las condiciones técnico productivas de la UBPC Organopónico Vivero Alamar que asegure una gestión eficiente de esta empresa agrícola.

## **RECOMENDACIONES**

- Continuar enriqueciendo y actualizando el fondo bibliográfico de normativas técnicas tanto de Normas ISO como Normas Ministeriales así como otros materiales de consulta técnica disponibles en la Junta Directiva de la UBPC.
- Gestionar un estudio de rediseño de los sistemas de riego existentes en función de las normativas técnicas vigentes que aseguren una óptima explotación de los mismos.
- Conformar un proyecto de investigación desarrollo para aplicar el plan de acción conformado a partir de los resultados de esta Tesis que permita definir una estrategia para la implementación futura de un sistema de Gestión de la Calidad en la operación y mantenimiento de los sistemas de riego.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. **Abbott S, J. 1987.** “La obstrucción de los emisores de goteo. Sus causas y medidas preventivas”. Artículo técnico. Riegos y drenajes XXI n° 12
2. **Aidárov, I P, Golovánov, A.I y Mamáev, M.G. 1985.** El Riego. Editorial MIR. Moscú.
3. **Alabanda, J.S 2001.** Trabajo profesional de fin de carrera “Evaluación y manejo de los sistemas de riego” Dpto de Agronomía Universidad de Córdoba, 2001.
4. **Arias Guevara Miguel. 1998.** “Cooperativas con obreros agrícolas. Autogestión y sentido de propiedad”. En: UBPC Desarrollo y Participación. UH. pp 120. La Habana
5. **Amoozeger-Fard, A. Earrick, A. W y Lomen, D. O. 1984.** Desing nomographstrickle irrigation. Irving. Drain. Eng 110: 107-120.
6. **Arteche L. O. 1993.** Diseño de un Sistema de Gestión de la Calidad para la Industria Alimenticia. MINAL.
7. **Arviza, J. 1991.** “Curso de Riego”. Generalitat Valenciana. Consellería.
8. **Ayers, R. S., Westcot, D. W., 1994.** Water quality for Agriculture, thirded. FAO: Irrigation and Drainage Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
9. **Bralts, V.F., Edwards D. M. y Wu I.P. 1997.** "Drip irrigation design and evaluation based on the statistical uniformity concept". (ed.), "advances in irrigation", 67-117. San Francisco.
10. **Burt, C. M. 1997:** Irrigation Performance Measures: Efficiency and Uniformity Journal of Irrigation and drainage Engineering, No 123.
11. **Castañón I. 1991.** Riego por aspersión. Editorial mundi-prensa. Madrid.
12. **Cepa, O. 2007.** Modelo funcional para los centros de gestión del sector agropecuario en el Ministerio de la Agricultura. Tesis (en opción al título de Master en Gestión y Desarrollo Cooperativo. Universidad de la Habana.
13. **Christiansen. J y Berkeley C.A . 1942.** Irrigation by sprinkling, Calf. Agric Exp.Stn. . Pp. 110-116.

14. **Cisneros E. 2000.** Respuesta del Cafeto a diferentes volúmenes de suelo humedecido y manejo del riego por goteo y microaspersión. Tesis (en opción al título de Master en la especialidad de Riego y Drenaje). Universidad Agraria de la Habana.
15. **Cruz, J. 2000.** "Gestión y Desarrollo de Cooperativas". Programa de Maestría. FLACSO, Universidad de La Habana, La Habana.
16. **CYTED. 2006.** Red Iberoamericana para la gestión del agua en la agricultura. Riego y Fertirriego. Disponible en:  
(<http://www.aguaboliviana.org/analisisX/INTERNACIONAL/PropFondoRiego.htm> 31).
17. **Darcy de Oliveira, R. y Darcy de Oliveira, M. 1981.** Pesquisa Social e Acao Educativa: conhecer a realidade para poder transformarla. En. Carlos Rodríguez Brandao. Pesquisa Participante. Editora Brasiliense, Sao Paulo. p. 17-23
18. **Dávalos, R. 1997.** Comunidad, participación y descentralización. Una reflexión necesaria. En Desarrollo urbano: Proyectos y experiencias de trabajo. II Taller de Desarrollo Urbano y Participación. Universidad de La Habana.
19. **Dechmi, F, Playán, E J. Caveró, E J. Martínez-Cob A and Faci. J. M. 2004.** Coupled Crop and Solid Set Sprinkler Simulation Model. I: Model Development. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 130, No. 6, pp. 499-510.
20. **Dorembos, J y Priunt, W. 1977.** Las necesidades de agua de los cultivos. Riegos y Drenajes No 24. FAO. Roma.
21. **FAO, 2003a.** Manual para multiplicadores ‘‘Mejoramiento de la Calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas’’ Un enfoque práctico. Dirección de Alimentación y Nutrición. FAO.
22. **FAO. 2003b.** Lineamientos para la elaboración de encuestas y entrevistas de acuerdo a las Buenas Prácticas de Manufactura de EUREPGAP. Dirección de Alimentación y Nutrición. FAO.
23. **FAO. 2006.** Gestión del agua en la agricultura. Departamento de Agricultura y Protección al consumidor. Disponible en  
<http://www.fao.org/ag/esp/revista/0303spl.htm>
24. **Favrot, J.C., et al. 1987.** Etude des sols du secteur de référence de la savane guyanaise. INRA, Lab. du Sol, Montpellier, Informe de travail.
25. **Fernández, D. P. 2007.** Cuatro Experiencias Exitosas en UBPC. Biblioteca ACTAF.

26. **Fonseca, J. R y Pérez J. R. 2005.** Riego por aspersión. Manual de explotación. Mondragón. Cuba
27. **Fuentes, J. L. 1991.** Instalación de riego por goteo. Hojas divulgadoras no 4 y 5. Ministerio de agricultura, ganadería, pesca y alimentación. Madrid. España. 35 p
28. **Gaceta Oficial de la Republica de Cuba. 2002.** Artículo 5 y 9: 1406 – 1407.
29. **Giner, V. 1988.** Normas para la aplicación de agua y abonos en riego localizado. Generalitat Valenciana. Consejería de Agricultura y pesca. Valencia, España.
30. **Glagousky, E. 2000.** Esto es FODA. Facultad de Ciencias Sociales, Económicas, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
31. **González G. 2006.** Prácticas Agro ecológicas en cooperativas urbanas. Tesis presentada en opción al grado de Master en Gestion y Desarrollo de cooperativas. FLACSO. Universidad de la Habana.
32. **Hernández, A. J. M. et al. 1987.** Curso Internacional de Riego Localizado. Instituto Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Tenerife. España.
33. **Hernández, G; Chaterlan, Y y Martínez, R. 2004.** Programa Ramal Agricultura Urbana. Informe de Etapa 4. Diagnostico UBPC Celia Sánchez. IIRD.
34. **IIRD-MINAG, 2004.** Reglamento de Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Riego.
35. **INIFAT/ FAO. 2003.** Manual Agricultura Orgánica Sostenible. Edición AGRINFOR. La Habana.
36. **Instituto de Suelos. 1995.** Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba.
37. **ISO 9000. 2005.** Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario.
38. **ISO 9001. 2000.** Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos
39. **Israelsen, O.W y Hansen, V.E. 1966.** Principios y aplicaciones del riego. Editorial revolucionaria. La Habana.
40. **Jiménez, R. 2006a.** Educación para la participación social en las Unidades Basicas de Producción Cooperativa (UBPC). Estudio de Caso. Tesis de Doctorado. FLACSO. CUBA.
41. **Jiménez, R. 1996.** Cooperativización agrícola en Cuba: significación actual de las UBPC. Tesis de maestría. Programa FLACSO- Cuba. Universidad de La Habana.

42. **Jiménez, R. 2006b.** Educación y Formación Cooperativa, ¿Una estrategia posible para elevar la participación en la toma de decisiones en las cooperativas cubanas? Programa FLACSO-Cuba, Universidad de La Habana.
43. **Keller, J. y Bliesner, R. 1990.** Sprinkle and trickle irrigation. Nostrand Reinhold. New York.
44. **Lamadrid Martínez Eduardo. 2002.** "Introducción a la Gerencia en las Cooperativas Cañeras". Publicaciones Azucareras. MINAZ. La Habana
45. **Lenin, Vladimir. 1975.** Lenin sobre la cooperación. Editorial Progreso. Moscú.
46. **Madrid, R. 1991.** El agua y los fertilizantes, fertirrigacion localizada. Consejería de Agricultura. Ganadería y Pesca. Murcia. España.
47. **Mesa, R y Valdez, Y. 2006.** Un nuevo enfoque para la evaluación integral de la calidad del riego de los pivotes. Trabajo de Diploma ISPJAE – IIRD. La Habana.
48. **MINAG. 1978.** La calidad de la producción en la agricultura. Folleto de trabajo de la Dirección de Normalización, Metrología y Control de la Calidad del MINAG.
49. **MINAG. 2005.** Estrategia para la Gestión de la Calidad. Documento básico del Grupo Nacional de Calidad.
50. **Mishra, A, Singh, R., Raghuwanshi, N. S. 2005.** Development and Application of an Integrated Optimization-Simulation Model for Major Irrigation Projects. Journal
51. **Montero J; Ortega J.F; Honrubia F.T; Ortiz J; Valiente M. y Tarjuelo J.M. 2007.** Recomendaciones para un adecuado diseño y manejo de los sistemas de riego por aspersión. \* Centro Regional de Estudios del Agua. Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla-Disponible en [http://www.elriego.com/informa\\_te/riego\\_agricola/fundamentos\\_riego/eficiencia\\_uniformidad.htm](http://www.elriego.com/informa_te/riego_agricola/fundamentos_riego/eficiencia_uniformidad.htm) . Abr 2007.
52. **Muñoz, M. 2005.** Diseño agronómico e hidráulico de una Instalación de Riego Localizado. Disponible en [http://dialnet.unirioja.es/pervlet/articulo\\_codigo](http://dialnet.unirioja.es/pervlet/articulo_codigo).
53. **Muñoz, M.R. 2003.** La Educación Popular Ambiental para un desarrollo rural sostenible. Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias de la Educación. FLACSO- U. Habana.
54. **NC ISO 22000. 2005.** Sistemas de Gestión de la Inocuidad de los alimentos. Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria.
55. **Nova, A. 2004.** El Cooperativismo línea de desarrollo en la agricultura cubana 1993-2003.CEEC, Universidad de La Habana.

56. **NRGA 709. 1986.** Pronostico del Momento de Riego. Determinación. Método bioclimático.
57. **NRGA 710. 1986.** Pronostico del Momento de Riego. Determinación. Método Gravimétrico.
58. **NRGA. 1985.** Normas Ramales en la actividad de Riego y Drenaje.
59. **OMS-2005.** Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/)
60. Palacio-Vélez, E. 2006. La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego. Montecillo. Edo de México. Disponible en [www.unesco.org.uy/Phi/libros/uso-eficiente/palacios.html](http://www.unesco.org.uy/Phi/libros/uso-eficiente/palacios.html).
61. **Pérez C. 1997.** Influencia de la producción de hortalizas en la Agricultura Urbana en la salud de la población. Conferencia en el V Encuentro de Organoponicos y Huertos Intensivos. Cienfuegos.
62. **Pizarro Cabello Fernando. 1995.** “Riegos Localizados de Alta Frecuencia”.
63. **Pizarro, C F. 1995.** “Riegos Localizados de Alta Frecuencia”. Edición mundi – prensa, Madrid, España.
64. **Pizarro, C. F .1990.** Riegos Localizados de Alta Frecuencia. Goteo, microaspersión, exudación. Edición mundi – prensa, Madrid, España.
65. **Ramirez, E.A., Weslawa Wendland, Alida Sánchez, 1988.** Cálculo de la ecuación de Penman mediante microcomputadora. Cienc. Tec. Agric. Riego y Drenaje, 11, # 1 pp 35 – 45.
66. **Reglamento general UBPC 2003.** Documento generado por la Dirección de Riego del MINAZ.
67. **Resolución No.160. 1993.** "Documentos sobre la creación y funcionamiento de las Unidades Básicas de Producción Cooperativa". Dirección Jurídica. MINAZ. Septiembre. La Habana.
68. **Resources Conservation District of Monterrey Country. 2006.** Coeficiente Uniformidad del riego. Disponible en <http://www.Redmonterrey.org/pdf/FINALSpanish.2006>
69. **Rocamora, M y Peraza, M. 2007.** Evaluación de Sondas TRD para la determinación de las propiedades hidrofísicas de los sustratos y la eficiencia de aplicación de 4 sistemas de riego localizado en condiciones de Organopónico. Tesis de Grado. ISPJAE-IIRD.

70. **Rodríguez, C.R. 1983.** Cuatros Años de Reforma Agraria En Letra con Filo. Tomo II. Editorial de Ciencias Sociales. La Habana.
71. **Rodríguez, 2006.** Manual Practico de Riego Localizado. Convenio Bilateral Cuba-Venezuela. Cuba
72. **Rodríguez, N. 2002.** Apuntes sobre los Sistemas de Gestion de la calidad. MINAZ.
73. **Salazar, A. 1992.** Capa de Ozono: La muerte entra por el techo. Bohemia. 84 (37): 41 – 42. La Habana, Cuba.
74. **Shilo, C. 2000.** Riego por Aspersión puede aumentar su eficiencia? Revista Internacional de Agua y Riego. Vol20. No 4.
75. **Shani, A, Hanks, R. J. Blesler, E y Oliveira, C. A. A. 1987.** Field method for estimating hydraulic conductivity and matric potential watwr content relations. Soil Sci. Soc Am. J 51:298-302
76. **Skagss et.al., 2004.** Development and Application of an Integrated Optimization-Simulation Model for Major Irrigation Projects. Journal
77. **Sulroca, F. 2002.** Evolución económico-productiva de las UBPC cañeras. Tesis de maestría. Programa FLACSO-Cuba. Universidad de La Habana.
78. **Tabloide Universidad para Todos. 2007.** Sistemas de Gestión de la Calidad. Cuba.
79. **Tarjuelo, J. 1999.** El riego por aspersión y su tecnología. Editorial Mundi-prensa. 2da Edición. Disponible en ([www. UNESCO.Org.uy/Phi/libros/uso-eficiente/palacios.html](http://www.UNESCO.Org.uy/Phi/libros/uso-eficiente/palacios.html)).
80. **TUSA, 2006.** II Taller de Formación Integral de Riego. Documentos básicos en formato digital. La Habana, mayo 2006.
81. **Vermeiren. I; Jobling, G. A. 1980.** Localized irrigation. FAO. Irrigation and Drainage Paper N0 36. Rome 203 pp.

**ANEXO 1. Encuesta aplicada en el estudio de la UBPC.**

Indicadores	Valoración					Apdo. ISO
	1	2	3	4	5	
1. La dirección y los trabajadores conocen los principios establecidos en la Norma NC-ISO 9000 sobre Gestión de la Calidad.						
2. Se cumple con lo establecido en el Reglamento de Operación de los Sistemas de Riego en cuanto a los sistemas de riego de la UBPC?						4.2.1
3. La Junta Administrativa ha definido una Política de Calidad en cuanto al desarrollo del riego en la UBPC?						
4. Existe y están documentados los objetivos en cuanto a la calidad del riego.						5.4
5. Están definidas las funciones, autoridades y responsabilidades en la UBPC en cuanto a la calidad en el manejo de los sistemas de riego.						5.5.1
6.La Junta Directiva analiza periódicamente los problemas existentes en la UBPC respecto al manejo del riego y su incidencia en los resultados productivos.						5.6.1
7.Se determinan las necesidades de recursos para la mejora de la calidad en el manejo del riego en la UBPC.						6.1
8. Para determinar la idoneidad de los trabajadores vinculados a la actividad del riego se tiene en cuenta su nivel de educación, calificación, habilidades y experiencia en esta actividad.						6.2.1 6.2.2
9 Se identifican las necesidades de adiestramiento y desarrollo del conocimiento de los trabajadores respecto a la actividad de riego?						6.2.2
10. Se planifican y se satisfacen los servicios de apoyo en la organización del riego?						6.3
11. Se cuenta con el equipamiento apropiado para el desarrollo de un riego eficiente						6.3
12. Existen mecanismos de estimulación del personal en todas las áreas que reconozcan los logros individuales y colectivos en cuanto a la calidad del trabajo realizado?						6.4
13. Están definidos los parámetros técnicos relativos a la calidad del manejo de los sistemas de riego.						7.5.1
14. Están definidos e implementados los parámetros para su inspección y evaluación						7.5.2
15. La UBPC con instrumentos de medición que garanticen el control de la ejecución del riego (manómetros, tensiómetros y otros instrumentos de determinación de humedad del suelo) ¿						7.6
16. Existen mecanismos que garanticen la toma, análisis y evaluación de datos de índices productivos para la toma de decisiones (y en específico el riego) para la mejora del mismo						8.4
17. La UBPC tiene como meta la mejora del desempeño en la ejecución del riego?						8.5
18. El personal de la UBPC participa en la mejora del desempeño de la actividad del riego..						8.5
19. .Se ejecutan acciones correctivas y preventivas?						8.5



**Nota:**

Evalué el grado de implementación de los requisitos de la Norma ISO 9001:2001, marcando con una cruz en la casilla correspondiente según la leyenda..

La casilla Apdo ISO corresponde al número del apartado de las normas ISO 9000 en cuanto a los sistemas de gestión de la calidad, al que está vinculada la pregunta que se formula.

- Las respuestas dadas tienen la valoración siguiente de acuerdo a la casilla marcada:

**Casilla 1:** No implementado

**Casilla 2:** Iniciada la implementación

**Casilla 4:** Implementado pero faltan detalles

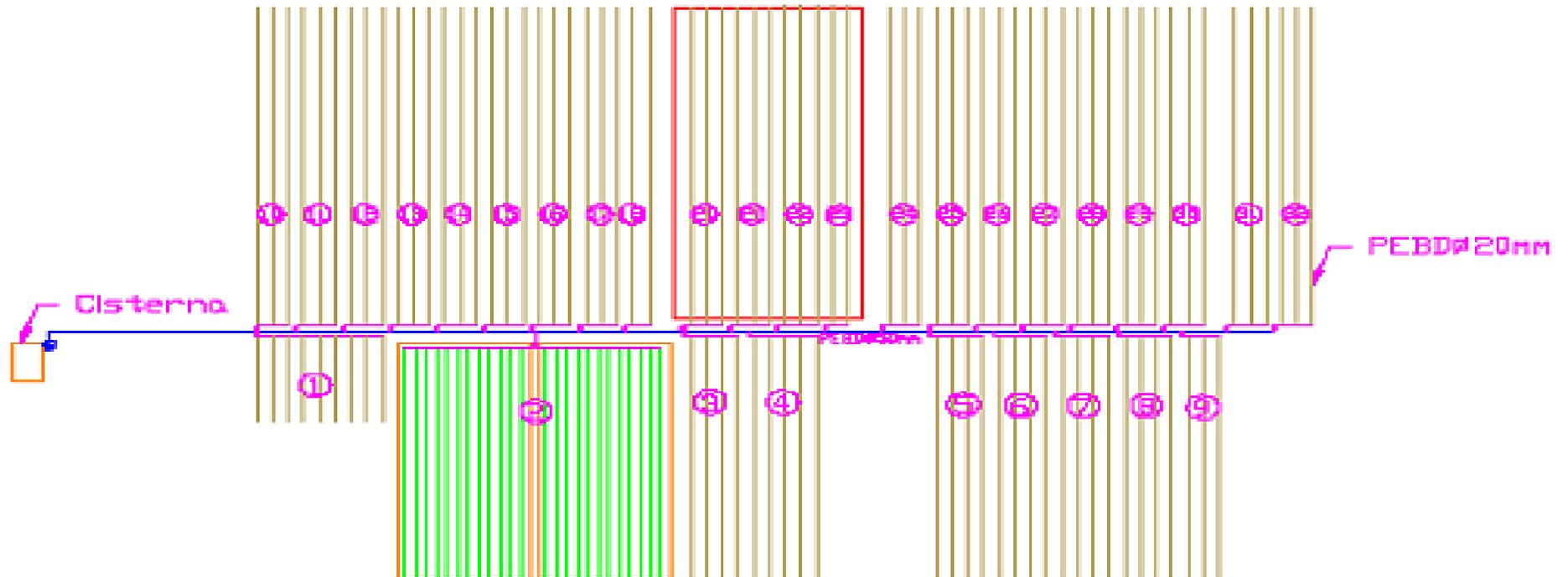
**Casilla 3:** Parcialmente implementado

**Casilla 5:** Totalmente implementado.

Ejemplo:

Significa Totalmente implementado, evaluado de excelente.

Indicadores	Valoración					Apdo. ISO
	1	2	3	4	5	
1. Conoce que son la Normas ISO 9000 sobre Gestión de la Calidad?					x	

**ANEXO 2. PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE RIEGO UBPC Vivero Alamar.**

**ANEXO 3. Esquema de Sub Unidades de Riego Localizado evaluadas en la UBPC Vivero Alamar.**

