

Eficiencia del riego por goteo en el crecimiento y producción orgánica de pimentón

Alan Y. Valdivieso Velarde¹; Anselmo H. Carrasco Silva²

¹Especialista en Recursos Hídricos, Gerencia Regional de Agricultura del Gobierno Regional de La Libertad, alanvuelvel@hotmail.com

²Docente de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Trujillo, ahcarrasco@hotmail.com

Recibido: 15-09-2015

Aceptado: 11-11-2015

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es determinar la eficiencia del riego por goteo evaluado en la producción orgánica del pimentón, en el Valle Santa Catalina, Sector Chacarilla de Barraza, distrito y provincia Trujillo. Los análisis de caracterización se realizaron en el laboratorio de Suelos y Fertilidad de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo. La metodología utilizada para desarrollar los cálculos de diseño del sistema comprende tres etapas: levantamiento de datos generales del productor y la parcela; segundo, obtención de datos requeridos para caracterizar el suelo y tercero el diseño hidráulico del sistema de riego. Los principales resultados referidos a la caracterización del terreno señalan que existe suficiente volumen de agua para desarrollar el cultivo del pimentón orgánico, siendo la salinidad del agua la adecuada para este cultivo ($CEa = 1,14$) y un suelo textural FRANCO ARCILLOSO, la profundidad del suelo agrícola supera a la extensión radicular en un 100%, siendo los factores de diseño final del sistema hidráulico de riego: área humedecida 100%, espaciamiento de goteros 0,3 x 1,0 m. Los resultados permiten concluir que la eficiencia Agronómica del sistema de riego es 87,68 % y un coeficiente de uniformidad de distribución de 86,52%; resultados que se encuentran dentro de los valores reportados en la bibliografía bajo condiciones meteorológicas controladas. Al comparar los rendimientos de producción se encuentran mejoras dentro del rango del 22% al 70% respecto a las zonas de cultivo de Ascope y Virú.

Palabras clave: riego por goteo, producción orgánica, eficiencia de riego tecnificado.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the efficiency of drip irrigation evaluated in organic production of paprika in the Valle Santa Catalina, Sector Chacarilla Barraza, district and province Trujillo. Characterization tests were performed in the laboratory Soil Fertility and Agricultural Sciences Faculty of the National University of Trujillo. The methodology used to develop the design calculations system comprises three steps: gathering general data of the producer and the plot; Secondly, obtaining information required to characterize the ground and third hydraulic system design riego. The main results of the characterization of the ground indicate that there is sufficient volume of water to develop the cultivation of organic paprika, with water salinity suitable for this crop ($CEA = 1,14$) and a clay loam soil texture, depth of agricultural land exceeds the root extension 100%, with final design factors hydraulic irrigation system: wetted area 100% drippers spacing 0,3 x 1,0 m. The results suggest that the Agricultural irrigation system efficiency is 87,68% and a coefficient of uniformity of distribution of 86,52%; results are within the values reported in the literature under controlled weather. Comparing production yields are improvements in the range of 22% to 70% over the growing areas Ascope and Viru.

Keywords: drip irrigation, organic farming, modern irrigation efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

El pimentón (*Capsicumannuum* L.) es una solanácea de origen americano que se siembra en todo el país y está entre los diez cultivos más importantes del Perú en relación con el valor y el volumen negociado (Aktas, Abak, & Sensoy, 2009), (Albuquerque & et al, 2011).

El cultivo del pimentón en nuestro país tiene excelentes perspectivas de crecimiento, especialmente teniendo en cuenta los diferentes mercados que están surgiendo, con características de alimento atractivo desde el punto de vista nutricional, constituyendo una fuente importante de vitamina C, minerales y también especias. Se comercializa cuando inicia la madurez fisiológica cuando el fruto esta verde, presenta colores morados y cremas, o maduros cuando presentan colores rojo, amarillo y naranja. Se consumen crudos en ensaladas, guisos, fritos y como condimento, se procesa como colorante natural o saborizante, salsas, encurtidos, conservas y mermeladas (Silva & et al, Indução de resistência em Plantas de beringela a *Ralstonia solanacearum* porción Extratos de *Lentinula edodes* e *Agaricus blazei*, 2006).

En lo que respecta al riego por goteo existen diversas publicaciones relacionadas con el objeto de estudio, como por ejemplo en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede – Ibarra, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales, se publicó: “Estudio de los sistemas de riego localizado por goteo y exudación, en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L. var. Alfacestella*) bajo invernadero”, cuyo objetivo fue determinar un sistema que contribuya a un mejoramiento de la productividad agrícola en zonas con déficit hídrico (Granda & López, 2009). También, en la Universidad Nacional Autónoma de México se publicó el trabajo de investigación “Diseño hidráulico de un sistema de riego por goteo para una huerta aguacatera pequeña”, con el objetivo de diseñar un sistema de riego por goteo de bajo costo en instalación y sea eficiente en el uso del agua (Tostado, 2010).

Respecto al cultivo del pimentón son diversos los problemas que afrontan los agricultores de esta región, los monocultivos presentan problemas de malezas y ataques de plagas; generándose un uso irracional de insecticidas, deterioro del ecosistema, resistencia de los insectos-plagas a los insecticidas y aumento considerable de los costos de producción debido al control químico. Esta realidad es propia del Valle Santa Catalina, valle que por sus características geográficas, físicas y climáticas; cuenta con ricas tierras apropiadas para una gran diversidad de cultivos como por ejemplo caña de azúcar, maíz, brócoli, apio, pepino, yuca y alfalfa.

Desde el punto de vista agrícola, el valle Santa Catalina presenta condiciones favorables para cultivar otros vegetales como tomate, pimiento, berenjena, ají, papa y camote; cultivos que pueden producirse con estándares de calidad internacional a través de la tecnificación de los campos de cultivo que permitirá obtener una producción de alta calidad que cumpla con los requisitos del mercado de exportación.

Consecuentemente, es preciso realizar estudios con cultivos no tradicionales, como el pimentón, con el fin de tecnificar el proceso productivo y de esta manera, optimizar los recursos disponibles para minimizar los costos de producción. El cultivo de pimentón es una buena alternativa para los agricultores interesados en incursionar en el mercado de exportación, lo cual les permitirá aumentar su producción y sus ingresos.

Los datos necesarios para diseño y evaluación del sistema de riego por goteo son la duración y frecuencia y secuencia de operación por un ciclo de riego normal; déficit de humedad en el suelo (SMD), y déficit manejable permitido (MAD), en el volumen humedecido; Tasa de descarga en los puntos de emisión y las presiones para varias emisiones sucesivas en el sistema; cambios en la tasa de descarga de las emisiones, después de la limpieza u otras operaciones, Porcentaje de volumen de suelo mojado, Localización de los puntos de emisión con respecto al cultivo, y grado de uniformidad del espaciamiento de los puntos de emisión y Pérdida de carga en los filtros. Estas variables permiten calcular la Eficiencia Estacional (EE) y la Eficiencia de Aplicación (EA). Mediante una ponderación 1:1 se calcula la Eficiencia de Riego (Eficiencia Agronómica o de utilización del agua de riego), cuyo valor debe optimizarse bajo condiciones reales de cultivo.

Un sistema de eficiente de riego implica abastecer de agua y fertilizantes a cada una de las plantas de manera eficiente con la finalidad de uniformizar los rendimientos del cultivo. Si el riego no es uniforme, algunas zonas del terreno tendrán mayor o menor producción debido a la pérdida de percolación profunda en el terreno. Así, se planteó la pregunta de investigación: ¿Qué eficiencias de riego se logrará mediante la aplicación de la técnica de goteo en el cultivo orgánico de pimentón (*Capsicum annuum L.*), en el Valle Santa Catalina - La Libertad?

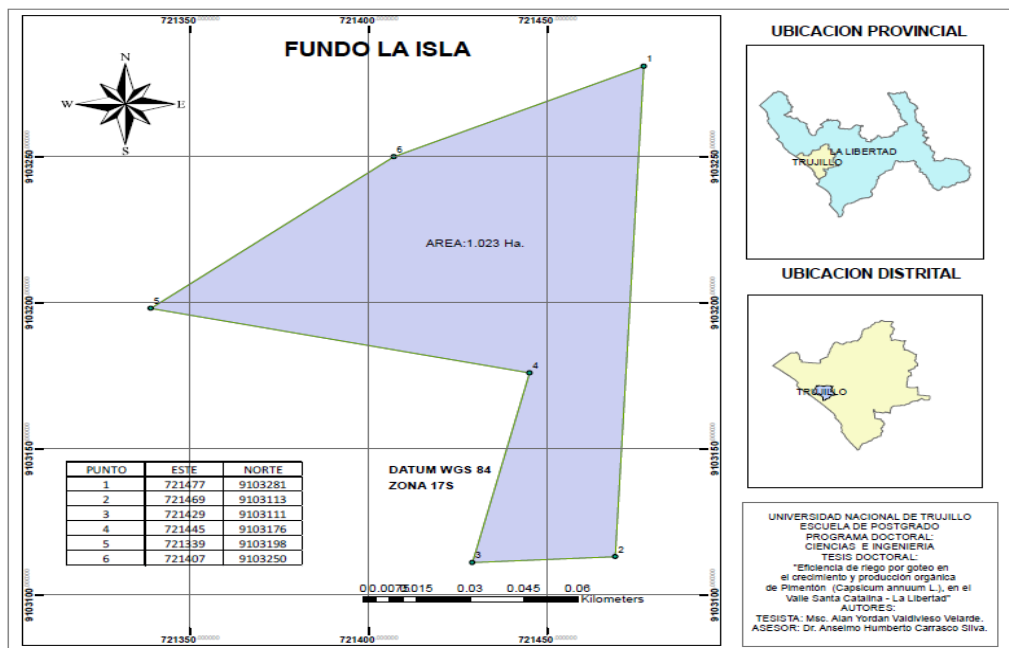
La respuesta a esta interrogante se obtiene mediante el cumplimiento del objetivo de investigación: determinación de eficiencia agronómica en la producción orgánica del pimentón. De esta forma, el impacto de la investigación radicó en la demostración de la rentabilidad del cultivo en términos de volumen de producción.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio fue el desarrollo del cultivo orgánico de pimentón teniendo como variables de estudio la eficiencia del riego y la producción orgánica mediante la aplicación del riego por goteo; manteniendo constante las condiciones de nutrientes del cultivo. Respecto a las variables meteorológicas, se obtuvo registros de la estación meteorológica de la Gerencia Regional de Agricultura La Libertad, durante el período del desarrollo vegetativo de la planta correspondientes al periodo de estudio de marzo - junio del 2014.

La investigación se desarrolló en la parcela del fundo “La Isla”, ubicado en el sector Chacarilla de Barraza del distrito y provincia de Trujillo (Valle Santa Catalina). La parcela estuvo constituida por surcos distanciados a 1,00 m entre surcos y 40 cm entre plantas, la longitud de los surcos más largos es de 161 m lineales, con un área experimental total de 9 028,08 m².



El Valle Santa Catalina está conformado por áreas de cultivo de cuatro distritos (Anexo 1) constituyendo el 58,07% de la extensión territorial de la provincia de Trujillo. Seleccionándose un campo de cultivo en cada distrito para el desarrollo experimental, durante los meses de octubre del 2013 hasta enero del 2014.

2.2 Medios

La experiencia investigativa se operativizó mediante el muestreo de suelos para caracterizarlos. Dos meses antes de la instalación del experimento se recolectaron las muestras de suelo a una profundidad de 0 a 60 cm las cuales fueron remitidas para su análisis al laboratorio de Suelos y Fertilidad de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo.

Las fuentes de información a las que tuvo acceso el investigador fueron primarias y secundarias, las primeras se relacionan con la información obtenida por el método de la observación y experimentación; mientras que las segundas se refieren al material documental de otros casos analizados.

2.3 Métodos y técnicas

La metodología comprende tres etapas: la primera consiste en el levantamiento de datos generales del productor y la parcela, incluye: clima, levantamiento topográfico de la parcela, realización del plano, identificación del tipo de cultivo, tipo de suelo y fuente de agua.

Una segunda etapa, corresponde a la toma de datos de requerimientos de riego basado en los datos climáticos y del cultivo, así como datos de suelo para establecer la lámina de riego y posteriormente definir lámina de riego neta y bruta, incluyendo además la intensidad de la aplicación, tamaño de sectores de riego y caudal del sector. Este último se compara con el caudal de la fuente para analizar la viabilidad del riego. Finalmente, la tercera etapa consiste el diseño hidráulico del sistema de riego por goteo.

El cálculo de la Eficiencia de Riego se realizó mediante dos relaciones (Gil & et al, 2007): Eficiencia Estacional de Irrigación (%), EE y Eficiencia de Aplicación (EA).

$$EE = \frac{UD}{Te [1.0-RL]} \dots (1)$$

Donde: UD: Es la Uniformidad de Distribución en %

Te: Es la razón de Transpiración Estacional

RL: Son los requerimientos de Lixiviación en Decimal

Los requerimientos de Lixiación se calcula de la siguiente manera:

$$RL = \frac{CEa}{2[máx.CEs]} \dots (2)$$

Donde: CE: Conductividad eléctrica

La Eficiencia Aplicación de Riego, EA se calcula mediante la siguiente relación:

$$EA (\%) = \frac{\text{Lamina Neta (LN)}}{\text{Lamina Buta (LB)}} * 100 \dots (3)$$

Finalmente, la Eficiencia de Riego (Ef_{riego}) para el presente estudio queda definidas por:

$$Ef \text{ riego} = \frac{EE+EA}{2} \dots (4)$$

III. RESULTADOS

Disposición del sistema de riego

La forma del terreno es irregular, con una pendiente del 2,5% a favor de la tubería principal, Terreno de 113 m x 161 m, al lado mayor a favor del flujo de agua. (ver Figura 1):

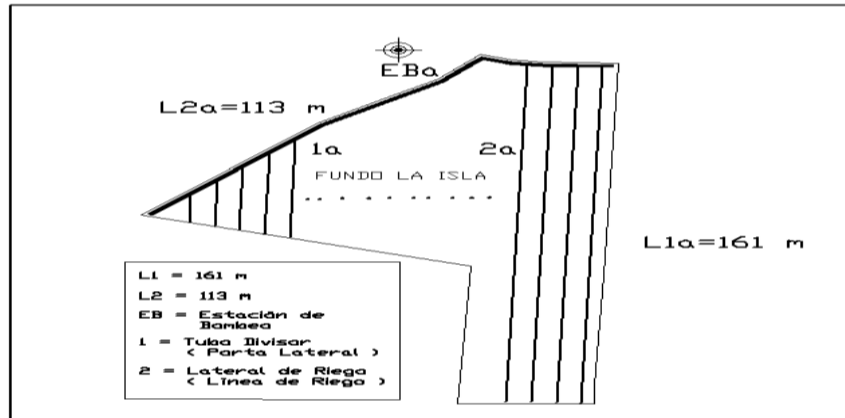


Fig. 1. Croquis del terreno con la disposición del sistema de riego

Tabla 1. Características del terreno de cultivo

Fundo	La Isla
Valle	Santa Catalina
Dpto.	La Libertad
Fuente de agua	Pozo
Tipo de suelo	Franco arcilloso
Relieve	Ligeramente Inclinado
Pendiente	Entre 1,5 a 4,0 %

Tabla 2. Requerimientos de agua

Disponibilidad de agua	
Caudal del Pozo (lps)	0,9
Tiempo de riego disponible por día-TRD (hrs)	12,0
Intervalo de riego (días)	1,0
Volumen disponible parcial (m ³ /día)	38,9
Volumen disponible diario (m ³ /día)	38,9

Tabla 3. Tecnificación del terreno

Cultivo	Pimentón
Edad (años)	
Nro. hileras intermedias	
Espaciamiento promedio hileras (m)	1,0
Espaciamiento plantas (m)	0,4
Área tecnificada (ha)	0,91
TOTAL (Ha)	0,910

Tabla 4. Características del agua de regadío

DETERMINACIONES	UNIDADES	M-I
TEMPERATURA	°C	22,5
TURBIDEZ	JTU	4
DUREZA TOTAL	CaCO ₃ mg/L	417
CALCIO	Ca meq/L	5,08
MAGNESIO	Mg meq/L	3,19

Viene de la Tabla 4...

SODIO	Nameq/L	2,43
POTASIO	K meq/L	0,11
CLORUROS	Cl meq/L	2,07
pH	-	7,17
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	1,14
SOLID. TOTAL DISUELTOS	mg/L	735
CARBONATOS	CO ₃ meq/L	0
BICARBONATOS	HCO ₃ meq/L	1,65
SULFATOS	SO ₄ meq/L	1,82

Fuente: Laboratorios de Servicios a la Comunidad e Investigación (LASACI) - UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Tabla 5. Determinación de la textura del suelo – Método de Bouyoucos

	L (gr/l)	°C	°F	°T CALIBRACIÓN	Δ °T	Ψ	Δ °T*Ψ	L + (Δ °T*Ψ)
L1	29	28	82,4	68	14,4	0,2	2,88	31,88
L2	14	27	80,6	68	12,6	0,2	2,52	16,52

Tabla 6. Características del cultivo

Cultivo	Pimentón
Profundidad de raíces, h, en m	1,00
Textura	Franco Arcilloso
Área de sombra	5%
Profundidad de suelo, en m	1,2
Pico promedio, mm/día, Et	2,59
Requerimiento por ciclo, mm	326,2
Capacidad de retención del agua, mm/m	150
Razón de lixiviación	0,057
Déficit permitido	33,3%
Espaciamiento de plantas (EpxEs) en m	0,40 x 1,00

Tabla 7. Eficiencia del riego por gravedad por tipo de suelo

	PORCENTAJE DE EFICIENCIA		
	LIGERO	SUELO MEDIO	PESADO
1. En el sistema de distribución	15	8	2
2. Escurrimiento	2	15	30
3. Percolación profunda	40	10	5
TOTAL	57	33	37
EFICIENCIA %	43	67	63

Fuente: citado en (Díaz, 2006)

La Eficiencia Estacional de Irrigación, EE, se calcula con la ecuación 1, dando un valor 87.38%. Utilizándose los siguientes valores: RL = 0.057 (ecuación 2), CEa = 1.14 mmhos/cm, maxCEs = 10 mmho/cm, CEa = 1.14 mS/cm, maxCEs = 10 mS/cm, Te = 1.05 para sistemas radicales profundos en suelos arenosos, y UD=86.52%

Luego, la eficiencia de aplicación (ecuación 3), arroja un valor de 87.98% a partir de $LN = 292.9$ mm y $LB = 332.9$ mm.

Con la ecuación 4 se obtiene Eficiencia Agronómica de Riego ($E_{f_{riego}}$) a un valor 87.68%

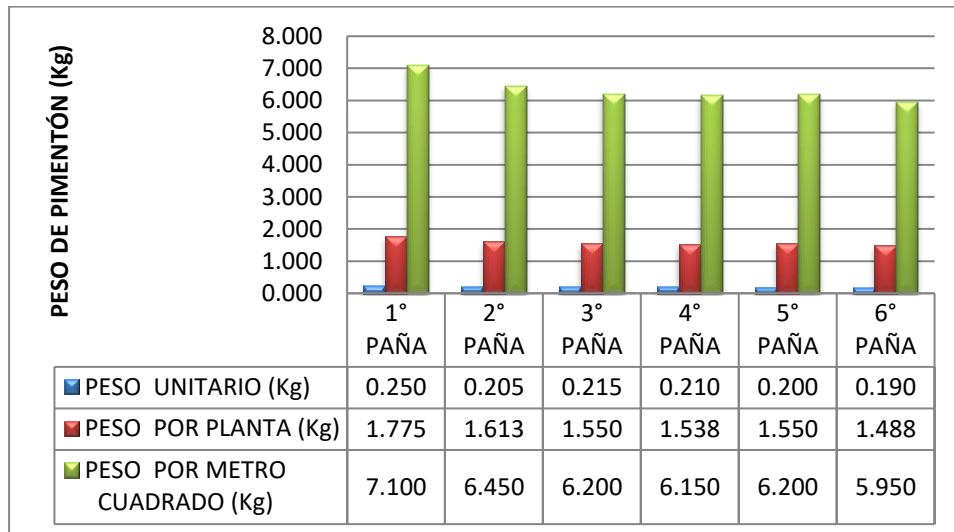


Fig. 2. Rendimiento del Pimentón. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Producción de Pimentón en la Región La Libertad - 2014

PRODUCCIÓN (Tn/Ha)	
FUNDO LA ISLA	42 146,28
LA LIBERTAD	31 190,65
VIRÚ	31 522,39
ASCOPE	22 300,00

Fuente: Elaboración Propia comparada con Producción proporcionada por la Oficina de Estadística Agraria de la Gerencia Regional de Agricultura del Gobierno Regional de La Libertad.

IV. DISCUSIÓN

Las limitaciones que tuvo la investigación están relacionadas con la ubicación del terreno de cultivo y el financiamiento de la infraestructura del riego al goteo. Otra limitación se tuvo respecto a la rentabilidad del cultivo, debido a que se tenía referencias de que la producción de pimentón estaba en un rango del 22 mil a 31 mil Tn/Ha y existía cierta resistencia por parte de los agricultores a invertir en este tipo de cultivo (Tabla 8).

La extensión territorial del valle Santa Catalina comprende cuatro distritos, teniendo características similares en relación a las variables meteorológicas y climáticas. Luego de evaluar accesibilidad a diversos terrenos de cultivos, se ubicó una parcela en el sector Chacarilla de Barraza del distrito de Trujillo.

Por las características del terreno, se seleccionó una sección del fundo “La Isla” de forma triangular (figura 1), emparejándolo a una pendiente del 1,5% a 4,0% (Tabla 1) a favor de la tubería principal. Esta tubería se ubicó al lado izquierdo del terreno y a partir de ella se instalan las líneas laterales. Al aplicar este método de riego se busca mejorar la eficiencia del uso de agua que tiene el sistema tradicional de riego por gravedad.

Al evaluar el abastecimiento del agua se encontró una disponibilidad diaria de 38,9 m³/día (Tabla 2) con una conductividad eléctrica de 1,14 mS/m, indicando la existencia de un riesgo de salinidad

medio (dureza total 417 CaCO₃ mg/L) y por consiguiente el cultivo debe ser compatible a rangos medios de salinidad (tabla 4).

En la tabla 3 se tiene se logra tecnificar el 91% del terreno, no es posible alcanzar un mayor porcentaje debido a que se tiene que dejar áreas libres de acceso al terreno cultivable.

Con el método de Bouyoucos (Tabla 5) y con el análisis de dos muestras se determinó la textura del suelo correspondiente al FRANCO ARCILLOSO, factor que corresponde al cultivo de pimentón (ver Tabla 6) y de acuerdo con los requerimientos de suelo para el desarrollo de las raíces de la planta existe un espacio del 50%.

Existe una relación entre los cultivos y el agua, los requerimientos de agua son variables en las diversas etapas de crecimiento y por las características del cultivo y del suelo es posible disminuir el caudal de riego y aumentar la frecuencia del mismo.

La metodología utilizada para desarrollar los cálculos de diseño es ampliamente aceptada en la literatura de la especialidad y se desarrolla al detalle en la obra "Diseño y evaluación del riego a presión" (Zúñiga, 2004).

Las características del tubo gotero utilizado en el diseño del sistema de riego permite alcanzar la Uniformidad de Aplicación del Agua de riego del 86,52%.

El procedimiento de cálculo para determinar caudales de diseño en cada tramo de la red permite hacer comparaciones relacionadas a las variables dimensionales de las mangueras; así como los diversos caudales de riego. Este sistema permite reducir la evaporación del agua, debido a que no existe exposición de la misma con el medio ambiente.

La eficiencia del sistema se relaciona con el diseño de la red, el cual debe corresponder a la pendiente del terreno; alcanzándose Eficiencia de riego del 87,68 %. La bibliografía reporta eficiencias aceptables superiores al 90%. Se encuentra también que estos estudios se han realizado bajo condiciones climatológicas controladas (invernaderos) (Cano, 1998).

Los resultados de eficiencia superan ampliamente a los resultados de riego por gravedad (Tabla 7) reportados en la bibliografía.

Al evaluar en número de cosechas por planta (pañas) se tiene una producción uniforme hasta la sexta paña. A partir de allí la producción disminuye, pudiendo llegar a convertirse en un cultivo no rentable.

También se comparó la producción del fundo La Isla con otras zonas de cultivo como son Virú y Ascope (Tabla 8), en donde también se aplica el riego por goteo pero que obtienen producciones por debajo de las obtenidas en el fundo La Isla.

V. CONCLUSIONES

- El diseño triangular del campo de cultivo permite distribuir las líneas de conducción (principal y auxiliar) de forma que cubren el 91% del área total del terreno de cultivo.
- El tipo de suelo es Franco Arcilloso, con un área de sombra 5%, capacidad de retención de agua de 154 mm/m y razón de lixiviación 2%.
- La uniformidad de distribución de carga hídrica es del 86,52% y la Eficiencia de Riego es 87,68 %.
- Mediante un manejo adecuado se logra mejorar la producción de pimentón en la región dentro de un rango del 47% al 25%; correspondientes a Ascope y Virú, respectivamente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKTAS, H., ABAK, K., & SENSOY, S. (2009). Genetic diversity in some Turkish pepper (*Capsicum annum* L) genotypes revealed by AFLP analyses. *African Journal of Biotechnology* v.8, n. 18, 4378 - 4386.

- ALBUQUERQUE, C., et al. (2011). *Mercosur 20 años, La integración cultural del MERCOSUR*. Recuperado el 18 de 05 de 2015, de WWW.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2011/08347.pdf
- CANO, M. (1998). *Parcebas*. Recuperado el 16 de 05 de 2015, de Parcebas: www.parcebas.CSIC/fichasagronomicas. 6.3.2.
- DÍAZ, J. (2006). *Riego por gravedad*. Colombia: Editorial Universidad del Valle.
- GIL, M., & et al. (2007). Efecto del suelo en el caudal del gotero en riego subsuperficial. Determinación de los caudales máximos. *XXV Congreso Nacional de Riegos*. Pamplona, España.
- GRANDA, J., & LÓPEZ, C. (2009). *Estudio de los Sistemas de riego localizado por goteo y exudación, en el rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L. var. alface stella). bajo invernadero*. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sede - Ibarra. Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.
- SILVA, R., & et al. (2006). Indução de resistência em Plantas de beringela a *Ralstonia solanacearum* porción Extratos de *Lentinula edodes* e *Agaricus blazei*. *Summa Phytopathologica (Resumen)*, 32 -45.
- TOSTADO, P. (2010). *Diseño hidráulico de un sistema de riego por goteo para una huerta aguacatera pequeña*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- ZÚÑIGA, É. (2004). *Diseño y evaluación del riego a presión*. Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

ANEXO

Extensión territorial del Valle Santa Catalina – La Libertad

UBICACIÓN	EXTENSIÓN TERRITORIAL km ²
Distrito de Moche	25,25
Distrito de Laredo	335,44
Distrito de Simbal	390,55
Distrito de Poroto	276,01
TOTAL VALLE SANTA CATALINA	1027,25
TOTAL PROVINCIA DE TRUJILLO	1768,70
% RESPECTO A LA PROVINCIA	58,07

Fuente: Región La Libertad