

CONGRESO INTERNACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE

LA HABANA, CUBA 20 - 24 OCTUBRE 2003

“RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZUCAR AL RIEGO POR GOTEOS Y RIEGO MIXTO EN SUELOS DE TEXTURA GRUESA EN EL VALLE DEL RIO HUAURA”

Miguel Cañamero K.^{*}, José Murga S.^{*}, Absalón Vásquez V.^{*}, Salomón Helfgott L.^{*}

***.- Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú**

I.- INTRODUCCION

El cultivo de la caña de azúcar siempre jugó desde hace muchas décadas atrás un rol gravitante en la determinación del Producto Bruto Agropecuario de nuestro país así como también en las exportaciones y consecuentemente en la generación de divisas. Esta situación decayó en la década del 80 y parte del 90, debido a las secuelas de la Reforma Agraria, que afectó a esta pujante industria nacional con la dación del Decreto Ley 17716, llamado también Ley de Reforma Agraria, dada el 24 de Junio de 1969. A partir del año 1998 aproximadamente, esta situación comienza a revertirse con la participación de la Inversión Privada; teniéndose a la fecha unas 95,000 Ha aproximadamente, en la región de la Costa, dedicadas al cultivo de la Caña de Azúcar, las mismas que son regadas con el Sistema de Gravedad, con una eficiencia promedio de riego que varía entre el 20 y 40%, según la edad del cultivo, tipo de suelo, época del año y región donde se ubiquen los campos. Los rendimientos de campo que se alcanzan en condiciones normales varían entre 120 a 170 t caña/ha y la calidad de los jugos, tienen un pol que varía entre los 9 y 11% en promedio. En caso excepcionales se presentan rendimientos de campo más bajos que los promedios, llegando en algunos casos hasta el 50–60 t/ha, en las empresas como Pomalca y Cayaltí, que aún no han recibido inversiones adecuadas de nuevos socios estratégicos, y por lo tanto los campos están mal mantenidos en muchos casos despoblados. Por necesidad de recursos económicos, se sacrifican campos siendo cosechados a una edad temprana con jugos de baja calidad y consecuentemente baja producción de azúcar por unidad de área. Estas son parte de las graves secuelas que ha traído la reforma agraria.

Por otro lado, desde la década del 60, se iniciaron ensayos para la introducción del Sistema de riego por aspersión, sobre todo en las ex-haciendas Casa Grande, Tumán y San Jacinto. En la década del 70, en el ex – Instituto Central de Investigaciones Azucareras (ICIA), se realizaron diversos ensayos y trabajos de investigación en sistemas de riego por aspersión y goteo en el cultivo de la Caña de Azúcar, obteniéndose rendimientos sumamente prometedores de 200 a 240 tcaña/ha y un pol, que llegaba hasta 13 - 14% en promedio. En la década del 80, no se hizo ningún avance en estos esfuerzos, fue en la década del 90, ante la gravedad de la crisis que afectaba a la industria azucarera y con la participación de nuevos inversionistas privados en las Empresas Azucareras, se retomó el interés por mejorar el riego y fue así como se implementaron campos industriales con sistema de riego por goteo especialmente en campos con texturas gruesas y en zonas altamente deficitarias de agua para el riego. Las empresas que tienen a la fecha mayor áreas con estos sistemas de riego por goteo son Paramonga, San Jacinto, Andahuasi, Laredo y Cartavio. Que en total bordean unas 2200 hectáreas con este sistema de riego. Asimismo, en la zona del Proyecto de Irrigación Chavimochic, se tienen algunas áreas con el cultivo de caña de azúcar y riego de goteo, que a la cosecha los rendimientos han superado las 240 tcaña/ha.

En base a todas estas experiencias, en el mejor aprovechamiento del agua en el riego, es de gran utilidad seguir trabajando en la introducción del riego por goteo en el cultivo de la caña de azúcar, dada la gran cantidad de agua que se ahorra, el significativo incremento de la productividad tanto en caña y azúcar, así como al acortamiento de la edad de cosecha del cultivo.

Los objetivos que se persiguen con el presente trabajo de investigación son:

- Evaluar la respuesta del cultivo de la caña de azúcar, cultivar H50-7209, al riego por goteo, tanto en sus características biométricas: población, longitud y brotamiento; en la incidencia del daño causado por el ELASMOPALPUS LIGNOSELLUS, así como en la producción de caña y azúcar.

- Evaluar la respuesta del cultivo de la caña de azúcar, cultivar H50-7209, al riego mixto: gravedad y goteo; tanto en sus características biométricas: población, longitud y brotamiento; en la incidencia del daño causado por el ELASMOPALPUS LIGNOSELLUS así como en la producción de caña y azúcar.

II.- MÉTODOS Y PROCEDIMIENTO:

2.1. Trabajo Inicial

a. Selección del Área

Dado que para la Empresa Azucarera Andahuasi, es de vital importancia maximizar las eficiencias de riego, especialmente en la Zona de Santa Rosa, que cuenta con suelos de textura gruesa y un marcado déficit de agua, apoyaron decididamente la realización del presente trabajo de investigación en esta zona, dado que se encontraba dentro de sus prioridades de desarrollo, pues requieren de una mayor cantidad de caña, ya que su fábrica ha sido repotenciada y ampliada en capacidad de molienda. Además en esa zona siempre existe el temor latente a invasiones de tierra, que ya ha habido problemas anteriormente.

b. Elaboración del Proyecto

El Proyecto de investigación fue elaborado, tomando en cuenta que en la zona y para el cultivo de la caña de azúcar, era de importancia evaluar el sistema de riego por goteo para todo el periodo vegetativo del cultivo así como un riego combinado entre el Sistema de Riego por gravedad para ser aplicado durante los 3, 4 y 5 primeros riegos y luego, el resto del periodo vegetativo ser regado con el sistema de goteo.

La variedad de caña de azúcar utilizada en el presente trabajo de investigación fue la H50-7209, dadas sus buenas características mostradas en esta zona del proyecto.

c. Diseño Experimental

El diseño experimental seleccionado para el presente trabajo de investigación, fue el de Bloques Completamente Randomizados o al Azar.

Para el presente trabajo de investigación se definió utilizar 4 tratamientos (T) y 4 Bloques (B): Los tratamientos definidos fueron:

T1 : Los 5 primeros riegos por gravedad y en el resto del periodo vegetativo se aplicó el riego por goteo.

T2 : Los 4 primeros riegos por gravedad y en el resto del período vegetativo, se aplicó el riego por goteo.

T3 : Los 3 primeros riegos por gravedad y en el resto del período vegetativo se aplicó el riego por goteo.

T4 : Todo el periodo vegetativo a ser regado por goteo.

Los 4 bloques (B) y la distribución de los tratamientos (T) definidos en el presente trabajo de investigación fueron:

B-1	T1		T4	T2
B-2	T2	T4	T1	T3
B-3	T1	T2	T4	T3
B-4	T1	T4	T3	T2

2.2. Trabajo de Campo

Dentro de este punto se puede mencionar:

Preparación y marcado del campo, donde se llevó a cabo el trabajo de investigación;

Toma de muestras de suelos para la determinación de la textura y otros análisis físicos químicos;

Instalación del sistema de riego por goteo en el tratamiento 4 (T4), para todo el periodo vegetativo del cultivo;

Preparación del sistema de riego por goteo para los demás tratamientos y que serán instalados posteriormente, según lo contemplado en el proyecto de investigación;

Siembra del área experimental, aplicación del riego y de las otras labores culturales que requiere el cultivo, según lo programado;

Evaluación de las características biométricas: Germinación, Población, Longitud, Crecimiento, Diámetro de los entrenudos y su comportamiento ante el daño causado por el ELASMOPALPUS LIGNOSELLUS, y

Evaluación del rendimiento y calidad de jugos de la caña de azúcar, a la cosecha.

La evaluación de las características biométricas tomadas en cuenta en este trabajo de investigación se realizó de la siguiente manera:

Evaluación de la Germinación o Brotamiento, consistió en determinar el número de plantas emergidas o brotadas en cada uno de los tratamientos considerados;

Evaluación de la tasa de crecimiento, consistió en la medición de la altura de las plantas entre el primer y el décimo mes aproximadamente del periodo vegetativo del cultivo. Durante todo ese periodo se efectuaron unas 13 mediciones en total. Para cada tratamiento de cada uno de los bloques, se escogió al azar 4 zonas o áreas de 1 m² cada una a fin de realizar la medición del crecimiento en cada tratamiento y obtener así el crecimiento promedio.

Evaluación del Macollamiento, consistió en la cuantificación del número de tallos en cada uno de los tratamientos, a los 3.0, 3.3 y 5.0 meses de edad del cultivo, aproximadamente.

Evaluación de la longitud de entrenudos, consistió en la selección al azar de 4 plantas en cada uno de los tratamientos de cada bloque, para luego llevar a cabo la medición de la longitud de los entrenudos, tanto del entrenudo marcado o intermedio y el intermedio inferior y superior; las mediciones se hicieron entre los 9 y 11 meses de edad, aproximadamente.

Evaluación del diámetro de los entrenudos

El procedimiento consistió en primer lugar en la selección al azar de 4 plantas en cada uno de los tratamientos y de cada bloque, para luego llevar a cabo la medición del diámetro de entrenudos a partir del entrenudo marcado o intermedio, así como del intermedio inferior y el intermedio superior. Las mediciones se efectuaron a la edad de 9 y 11 meses aproximadamente.

Evaluación del ataque del *Elasmopalpus lignosellus*

Consistió en la evaluación de 100 plantas tomadas al azar en cada uno de los tratamientos, determinando el número de plantas atacadas por el *Elasmopalpus lignosellus*. Estas evaluaciones se hicieron a los 1.0, 1.6 y 2.4 meses de edad del cultivo respectivamente, dado que la incidencia del ataque es básicamente en los primeros meses del periodo vegetativo de la Caña de Azúcar.

Evaluación del Rendimiento de Caña de Azúcar

Consistió en realizar el pesaje de la caña de azúcar cosechada en cada uno de los tratamientos y de cada bloque, al momento de la cosecha, que fue a la edad de 18 meses, dado que se trató de caña planta.

2.3 Trabajo de Gabinete

En base a los resultados de campo obtenidos, se procedió a efectuar el análisis estadístico de la información obtenida a fin de determinar el efecto del sistema o tipo de riego en cada una de las variables consideradas en el trabajo que se evalúan. También se realizó un análisis de regresión para la germinación entre el número de plantas brotadas y la edad del cultivo para cada uno de los tratamientos definidos, asimismo también se determinó su correspondiente coeficiente de determinación (R^2), a fin de conocer el grado de confiabilidad de los resultados obtenidos.

De igual manera, dichos análisis se efectuaron para las variables, altura de planta, macollamiento o número de plantas, longitud de entrenudos, diámetro entre nudos y el rendimiento de caña y azúcar, respectivamente.

En primer lugar se elaboraron diversos cuadros y figuras, para las diferentes variables analizadas, tanto con los datos básicos así como con los resultados estadísticos obtenidos. Finalmente, en base a todos los resultados obtenidos del procesamiento estadístico de la información, se redactó el presente trabajo.

III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante el período comprendido entre el 30 de junio de 1999 al 18 de enero del 2002.

El trabajo se inició con la preparación del terreno para la siembra, luego se limitó o marcó el área del experimento, ubicándose los bloques y tratamientos definidos, tal como se puede observar en las figuras N° 2 y 3, respectivamente.

Los suelos de toda la zona Santa Rosa y en particular del área donde se ubicó el trabajo de investigación son de textura totalmente arenosa hasta más allá de los 90 cm de profundidad y su origen es aluvial.

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO

La zona donde se desarrolló el trabajo de investigación, tiene una temperatura media que fluctúa entre los 16.5 °C, en el mes de julio y los 23.6 °C para el mes de marzo. La

humedad relativa promedio varía entre los 71% y 82%, que corresponden a los meses de febrero y junio, respectivamente. La tasa de evaporación promedio de tanque clase "A", varía entre los 2.5 y 5.5 mm / día, que corresponde a los meses de junio y febrero, respectivamente. La precipitación promedio para la zona tan sólo llega a los 6.0 mm / año y se presenta sólo en los meses de enero a marzo, pues en el resto del año la precipitación es nula.

La información mensual promedio para el período 1978 - 1996, registrada en la Estación Meteorológica de poner nombre, para las variables líneas arriba mencionadas se presentan en el cuadro N° 1.

3.2 VARIABLES BIOMETRICAS

En el cuadro N° 2 se presentan los resultados de la evaluación número de plantas emergidas por hectáreas, obtenidas de la germinación para cada uno de los 4 tratamientos y para cada una de las evaluaciones, las mismas que fueron 15 en total y que se iniciaron a los 0.77 meses de edad del cultivo y que se efectuaron hasta los 2.45 meses.

En la primera evaluación, que se efectuó a los 0.77 meses de edad del cultivo, se puede observar claramente que el tratamiento T1, que fue regado desde el inicio hasta el quinto riego por gravedad y en el resto del período vegetativo por goteo, alcanzaba las 9541 plantas emergidas / ha; mientras que los otros tratamientos tuvieron sólo entre 5463 y 8221 plantas / ha.

La última evaluación que se efectuó sobre el número de plantas emergidas por hectáreas, fue a la edad de 2.45 meses de edad del cultivo, donde se obtuvo que el tratamiento T1, alcanzó los 37939 plantas /ha; mientras que los otros tratamientos alcanzaron tan sólo entre las 31026 y 32876 plantas/ Ha respectivamente, lo cual representaba en promedio un menor número de plantas de alrededor de 14 al 16% respecto a T1.

El tratamiento T2, que fue regado por gravedad desde la siembra hasta el cuarto riego y a partir de allí, en el resto del periodo vegetativo se aplicó el sistema de riego por goteo; el número de plantas emergidas por hectáreas fue tan sólo de 5463. El tratamiento T3, que fue regado por gravedad sólo durante los 3 primeros riegos, a partir de la siembra, alcanzó las 8221 plantas emergidas por hectáreas; mientras que el tratamiento T4, que fue regado exclusivamente por goteo desde la siembra, alcanzó la cifra de 5495 plantas por hectárea.

Es de resaltar que desde la firmeza evaluación del número de plantas emergidas por hectáreas los tratamientos que fueron regados por gravedad desde la siembra, en promedio fueron mucho mayores que el tratamiento regado sólo por goteo durante todo su periodo vegetativo. El tratamiento que mayor número de riego por gravedad recibió, mayor número de plantas amenizadas tuvo; siendo esa la tendencia general que se pudo observar en la evaluación de esta variable biométrica.

En la figura N° 1, se muestra la variación del número de plantas emergidas por hectáreas, según la edad del cultivo, desde la siembra hasta la edad de 2.45 meses para todos los tratamientos. En la figura se puede observar con toda claridad que el tratamiento T1, tiene en todo momento desde el inicio del cultivo un mayor número de plantas /ha que el resto de tratamientos. En segundo lugar se ubica el tratamiento T3, y entre los tratamientos T2 y T4, la diferencia no es mayor, observándose sí que a una mayor edad, el tratamiento T2, va teniendo una mayor población de plantas /ha, respecto a las mas iniciales del periodo vegetativo.

En las figuras del 2 al 5, se observan las tendencias individuales de variación para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente del número de plantas emergidas por hectáreas y según la edad del cultivo, hasta los 2.45 meses de edad del mismo.

En el cuadro N° 3, se presentan los resultados de la altura de las plantas para cada uno de los tratamientos.- Las mediciones se efectuaron entre el primer mes de edad del cultivo y los 10.67 meses, totalizando 13 mediciones en dicho período de tiempo. Observando las cifras de dicho cuadro, se puede afirmar que desde la primera evaluación hubo resultados indistintos para los diferentes tratamientos, notándose si una ligera tendencia de un mayor crecimiento del cultivo en el tratamiento T4, respecto a los otros tratamientos; es decir a partir de los 3 meses de edad del cultivo se observa claramente esta tendencia de que en el tratamiento regado con goteo, las plantas obtienen una mayor altura de tallo respecto a los otros tratamiento.

En la figura N° 6 se presentan las curvas de variación del crecimiento de las plantas (altura de la planta) en función de la edad del cultivo, para los 4 tratamientos, observándose una mínima variación entre los diferentes tratamientos.

En la figura N° 7, se presenta la curva de variación de la longitud de crecimiento de la planta, según la edad del cultivo, para el tratamiento 1. En base a la información obtenida para este tratamiento se determinó su ecuación correspondientes, mediante la aplicación de un software que utilizó el método de los mínimos cuadrados; siendo la variable dependiente la altura de la planta (cm.) (Y) y la variable independiente la edad del cultivo (meses). (X).- La ecuación hallada se presenta en el mismo gráfico y en coeficiente de determinación o coeficiente de ajustes (R^2) es sumamente alto (0:9854); lo cual significa que el 98.54% de la variación de la altura de crecimiento, es explicada por la edad del cultivo.

En la figura N° 8, se presenta la curva de variación de la altura de crecimiento de la planta versus la edad del cultivo para el tratamiento 2; de igual forma en base a la información de campo obtenida se determinó la ecuación correspondiente y su coeficiente de determinación (R^2), encontrándose un altísimo ajuste de la información y por lo tanto la ecuación es actualmente confiable.

En la figura N° 9 y 10; se presentan las curvas de mayor ajuste para los tratamientos 3 y 4, respectivamente. Asimismo se determinaron las ecuaciones correspondientes y sus respectivos coeficientes de determinación para cada uno de los tratamientos; para cada uno de los casos, la confiabilidad de las ecuaciones es muy alta, debido a su altísimo coeficiente de determinación.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.- CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a brotamiento, población y longitud de tallos.

La función de crecimiento longitudinal de mejor ajuste para la variedad H50-7209 fue de tipo lineal. Su promedio entre los 4 y 11 meses de edad fue de 40 cm/mes.

$$\begin{aligned} \text{Longitud Tallos (cm.)} &= 43.51 \text{ Edad (meses)} - 117.69 \\ R^2 &= 0.98 \end{aligned}$$

La función población de tallos de mejor ajuste obtenida para la variedad en estudio es del tipo polinomial del segundo orden.

$$\begin{aligned} \text{Población Tallos (cm.)} &= 43.51 \text{ Edad (meses)} - 117.69 \\ R^2 &= 0.98 \end{aligned}$$

La variedad H50 – 7209, sembrada en julio y noviembre iguala su longitud de tallo en el mes de abril, su población es igualada en mayo.

El tratamiento 100% goteo (T-4), recibió el mayor porcentaje de daño del *Elasmopalpus lignosellus* a la edad de 1.5 meses. No se encontró diferencia significativa entre los promedios de los rendimientos de caña y azúcar.

Obteniéndose en promedio 14.89 T-caña/ha-mes y un promedio de 1.69 T-caña/ha-mes.

4.2.- RECOMENDACIONES

Instalar sistemas de riego por goteo de forma tal que la pendiente de los surcos permitan que el agua avance por gravedad.

En el suelo de textura gruesa sembrar en surcos tipo piña o apareado.

La época de siembra realizarla entre septiembre y abril para la zona de Santa Rosa, Valle de Huaura.

V. BIBLIOGRAFIA

1. ALEXANDER, A. (1993). "Sugarcane Physiology". Ch 11 Elsevier, Amsterdam.
2. BARRANTES, A (1998). "Goteo Enterrado en Caña de Azúcar". Agricultura de las Ameritas
3. BARRANTES, A. (1996) "Riego por Goteo: futuro de la caña de azúcar". Memorias del Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar. Miami, USA.
4. CAÑAMERO, M. (1996). "Ensayo de cultivares en caña de azúcar bajo riego por goteo en suelos de textura gruesa en el Central Azucarero Carora, Venezuela". Memorias del Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar. Miami, USA.
5. CAÑAMERO M.; HELFGOTT S. (1998) "Efecto del fenómeno de El niño en el proceso de maduración de los cultivares de caña de azúcar en la costa peruana". Memorias del Seminario Interamericano de la Caña de azúcar. Miami, USA.
6. EPPINK, L (1974) "Relaciones Agua-Suelo-Planta". Boletín Técnico. Instituto Central reinvestigaciones Azucareras (ICIA). 3(1):40-51
7. HELFGOTT, S (1997). "El Cultivo de la Caña de Azúcar en la Costa Peruana". Universidad Nacional Agraria "La Molina" (UNALM), LIMA. 507 p.
8. HUMBERT, R. (1968). "The growing of sugar cane". Ch. 5,6 Elsevier, Amsterdam.
9. HUSZ, G. (1986). "Moisture Central Service in Peruvian Sugarcane Industry".
 - Proc. ISSCT 18. 12 p.
10. TELLO, H. (1999). "El Cultivo de la Caña de Azúcar y el Fenómeno del Niño". Conferencia Empresa Andahuasi.
11. VASQUEZ, A. y HOEKSTRA, A. (1975). "El Servicio de Control de Humedad y sus Fases de Investigación". Boletín Técnico, ICIA 4 (3 y 4):85-115.
12. VASQUEZ, A y IGLESIAS, W. (1978). "Pautas generales para la programación de riegos". Boletín Técnico. ICIA 4: 28-42.
13. VASQUEZ, A., E. CRUZADO, E. PAZ VERGARA and J. CALISAYA (1982). "Determination of actual rate of water consumption by sugarcane", Proc. ISSCTT 18. 4P.

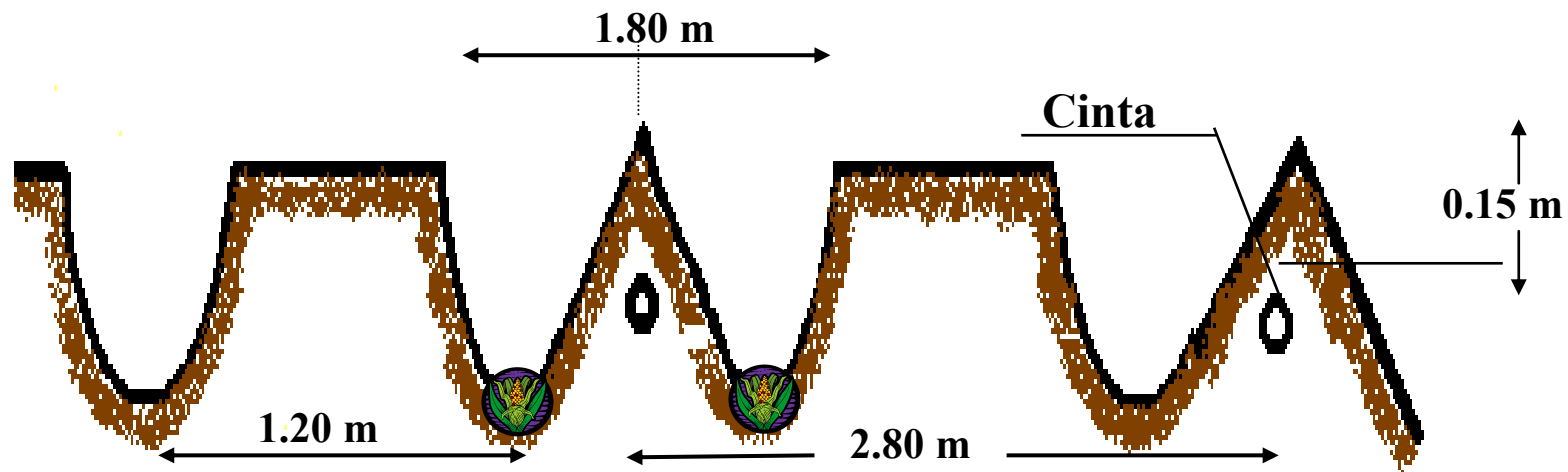
FIGURAS Y CUADROS

FIG. N° 1 VISTA DEL CULTIVO





Fig. N° 3 ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE LAS LÍNEAS DE RIEGO Y LA POR GOTEO SIEMBRA DEL CULTIVO



- Los laterales deben ser enterrados a no menos de 15 - 18 cms .de la superficie del surco.
- Los laterales siempre deben estar por encima de la semilla a una distancia no menor de 10 cms.

FIG. N° 4 ESQUEMA DE AREA EXPERIMENTAL

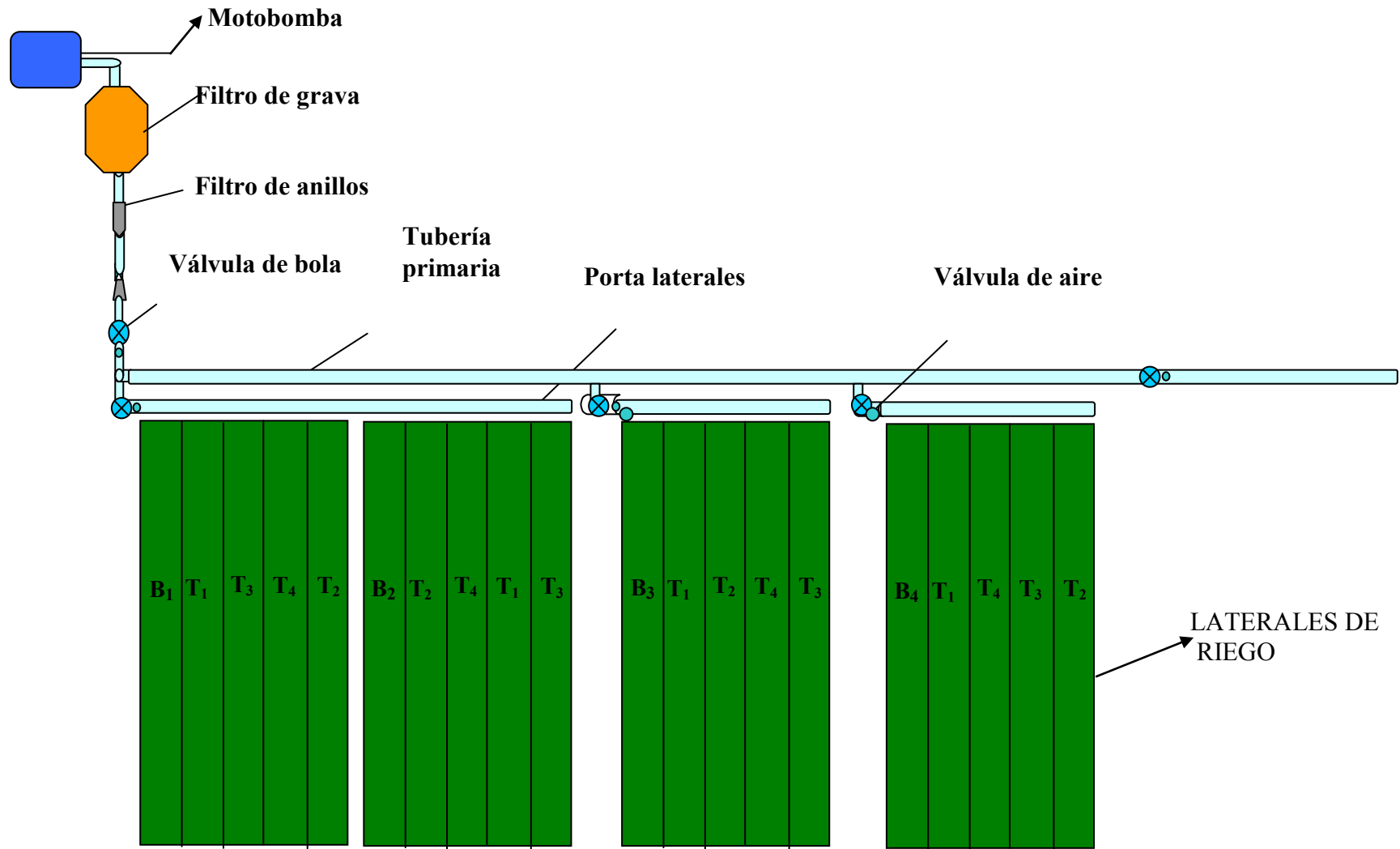


FIG. N 5 RIEGO POR GRAVEDAD CON SIFON

