

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática en el follaje del repollo (*Brassica oleracea L. var. capitata*), bajo diferente densidad de población.

**POR
RAYMUNDO DE JESÚS VÁZQUEZ MORENO**

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática en el follaje del repollo
(*Brassica oleracea L. var. capitata*), bajo diferente densidad de población**

POR:

RAYMUNDO DE JESÚS VÁZQUEZ MORENO

TESIS

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORES, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:



Ph. D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

ASESOR



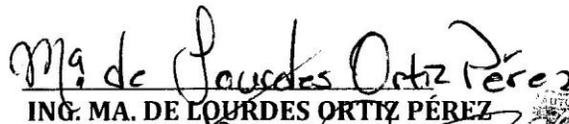
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

ASESOR:



M.C. EDGARDO CERVANTES ALVAREZ

ASESOR:



ING. MA. DE LOURDES ORTIZ PÉREZ



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas
OCTUBRE 2012.**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática en el follaje del repollo
(*Brassica oleracea L. var. capitata*), bajo diferente densidad de población**

**TESIS QUE PRESENTA EL C. RAYMUNDO DE JESÚS VÁZQUEZ MORENO Y QUE SE
SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR

PRESIDENTE:



PH. D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

VOCAL:



M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

VOCAL:



M.C. EDGARDO CERVANTES ALVAREZ

VOCAL:



MC. VICTOR MARTÍNEZ CUETO



**DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

OCTUBRE 2012.

DEDICATORIAS

A MI DIOS:

Por brindarme una vida maravillosa, mantenerme así durante todo este tiempo, por estar presente en todo momento conmigo, y más que nada por haberme dado unos padres maravillosos y una familia que en todo momento estuvieron conmigo en las buenas y malas, y que me han llenado de felicidad.

Agradezco a dios por haber estado conmigo, siempre sentí que él estaba presente en todas mis actividades diarias y gracias a él las cosas me salieron de maravilla, gracias por darme unos amigos que me brindaron su compañía, consejos, gracias por llenarme de salud en mi vida y hacer posible el sueño de lograr una carrera para ser un hombre de bien. Gracias dios.

A MIS PADRES:

Raymundo Vázquez Pérez.

Zoraida Moreno Alvarado.

Con mucho cariño para ustedes que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, darme su confianza y paciencia durante todo este tiempo, y haberme brindado ese amor de padres.

Gracias a mi madre que es mi guía, ejemplo a seguir por sus consejos, su amor tan grande, por luchar con trabajo para que saliera adelante, te lo debo a ti madre querida. Gracias porque sin ti no sería lo que soy, no tengo palabras para agradecerte todo lo que me has dado, simplemente gracias. Te quiero mucho.

Gracias a mi padre por ser el ejemplo a seguir por su humildad, sencillez, por ser un hombre trabajador que lucha por darme una vida mejor y alzar la frente

en alto, gracias por tu paciencia, consejos y todo lo que solo tú sabes dar. Aunque lejos siempre has estado junto a mí. Te quiero mucho.

A TODA MI FAMILIA:

A mis hermanos **Roger, Freddy, Julio y Mayi**, abuelos **Rogelio Vázquez López, Marina Pérez Matías, Lucina Alvarado Rodríguez y Adán Moreno Pérez (Q.E.P.D.)**, Tíos **Martiniano Moreno, Gilberto Moreno, Antonio Moreno, Marcela Moreno, Aniceto Vázquez y Yolanda Vázquez**, cuñadas **Amanda Morales y Carla López** y sobrinos **Lisandro, Carlos y Lupita**. Gracias por los momentos que hemos pasado de alegría y tristeza, y por los consejos que me brindaron como familia, con las ganas de tenerlos cerca y no poder estar con ustedes, gracias por comprender que este sacrificio es por salir adelante y ser un hombre de bien, y espero con ansias el momento del volver a estar más tiempo juntos y poder abrazarlos y decirles cuanto los quiero, gracias por haber confiado en mí, por tenerme paciencia y por creer que lograría mis sueños.

A MIS AMIGOS:

A todos mis amigos, sin excluir a ninguno, a **Enrique Miguel, José Manuel, Francisco Javier, Francisco Morales, Olivio, Reynaú, Tomas, Juan Luis, Germán, Yesenia, Lucina y Erika, Ednar Morales, Jonathan Manuel, Iver Gonzáles, Enrique Morales, Obet Rivera, Jorge Martínez, Roselín Duarte, Luis Mateo, Idalmar Muñoz, Leyner Rigoberto, Levi Rafael, Rusbel, Lalo, Esmer** mil gracias por todos los momentos que hemos pasado juntos y por estar conmigo siempre para brindarme su apoyo y sus consejos.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por dejar que disfrute de este momento en compañía de todos mis seres queridos.

A mi **ALMA TERRA MATER** por ser una casa siempre para mí, compartir sus conocimientos conmigo y todas las cosas que guarda dentro, hacerme un profesional haciéndome sentir orgulloso.

Al **Ph. D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA** por su apoyo incondicional en la elaboración de mi tesis y amistad que tuvo con nosotros en cada momento de nuestra formación profesional. Por compartir parte de sus conocimientos conmigo y por su gran participación en la elaboración del presente trabajo.

Al **M.C. FEDERICO VEGA SOTELO** por compartir parte de sus conocimientos conmigo, platicar sus experiencias vividas en sus estudios exhortándome a seguir adelante, por la paciencia que tuvo conmigo.

Al **ING. SEBASTIAN PEÑAIRA MARTINI** por compartir parte de sus conocimientos conmigo, por apoyarme en la realización de este trabajo, la paciencia que tuvo conmigo, gracias por su amistad.

Al **DR. JORGE LUIS VILLALOBOS ROMERO** por su apoyo incondicional y amistad que tuvo con nosotros en cada momento de nuestra formación profesional. Por compartir parte de sus conocimientos conmigo, platicar sus experiencias vividas en sus estudios exhortándome a seguir adelante, por la paciencia que tuvo conmigo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE APENDICE	VIII
RESUMEN.....	IX
I. INTRODUCCION.	1
1.1. Objetivo	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Fotosíntesis	4
2.1.1. Fases de la fotosíntesis.....	5
2.1.2. Fase luminosa.....	5
2.1.3. Fase oscura.....	5
2.2. Transpiración	6
2.2.1. El papel de las estomas en la transpiración.....	7
2.2.2 La transpiración en el repollo	8
2.3. Conductancia estomática.....	8
2.3.1. La resistencia difusiva y la conductancia estomática	10
2.4. Generalidades del repollo.	10
2.5. Origen e importancia del repollo.....	11
2.6. Importancia económica	12
2.7. Clasificación Taxonómica	12
2.8. Descripción morfológica	15

2.8.1. Planta	15
2.8.2. Sistema radicular.....	15
2.8.3. Tallo.....	15
2.8.4. Hoja	16
2.8.5. Flor.....	16
2.8.6. Fruto	17
2.8.7. Semilla	17
2.9. Requerimiento del cultivo.....	19
2.9.1. Requerimientos del cultivo.	19
2.9.2. Suelo	19
2.9.3. Siembra en almacigo.....	20
2.9.4. Época de siembra	20
2.9.5. Trasplante.....	21
2.9.6. Polinización	22
2.9.7. Riego.....	22
2.9.8. Cosecha.....	23
2.10. Control de maleza y enfermedades	23
2.10.1. Control de maleza.....	24
2.10.2. Control de enfermedades	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera.	26
3.2. Localización del lote experimental.	26
3.3. Diseño experimental	26
3.4. Variables evaluadas	27
3.5. Prácticas culturales	27

3.6. Siembra.....	27
3.7. Manejo del cultivo.....	28
3.7.1. Control de maleza	28
3.7.2. Control de plagas	28
3.8. Riego	28
3.9. Uso del sistema de fotosíntesis portátil CI-340.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Fotosíntesis	30
4.2. Conductancia estomática	30
4.3. Transpiración.....	30
V. CONCLUSIONES.....	32
VI. LITERATURA CITADA	33
APENDICE	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido nutricional del repollo. 13

Cuadro 2. Concentracion de compuestos orgánicos e inorgánicos en base a 100 gr de parte comestible de repollo. 14

Cuadro 3. Etapas fenológicas del repollo 17

Cuadro 4. Fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática en el follaje del repollo, bajo diferente densidad de población (UAAAN U.L. 2009-2010)..... 31

ÍNDICE DE APENDICE

Apéndice 1.- Análisis de varianza para fotosíntesis	40
Apéndice 2.- Análisis de varianza para conductancia estomática	40
Apéndice 3.- Análisis de varianza para transpiración.....	41

RESUMEN

La fotosíntesis es muy sensible a la disponibilidad de agua. Existe controversia a la hora de definir el contenido de humedad del suelo a partir del cual se produce una reducción de la fotosíntesis ya que el estado hídrico de la hoja depende del contenido en agua del suelo, su flujo a través de la planta, de las condiciones climáticas y factores internos de la hoja, entre otros. La necesidad de una apertura estomática para el intercambio de gases hace que la ganancia de CO₂ para la fotosíntesis vaya acompañada de una pérdida de H₂O por transpiración. Las estomas y resistencias cuticulares juegan un papel fundamental en la conservación de agua por parte de la planta sin comprometer la fotosíntesis (Gómez, 1998). El objetivo de este trabajo fue evaluar la fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración en el follaje del repollo bajo dos densidades de población. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con 4 repeticiones. El experimento se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en el área experimental del Departamento de Riego y Drenaje. Las variables evaluadas se midieron en campo utilizando el Sistema portátil de fotosíntesis modelo CI-340. Los datos fueron analizados empleando el programa computacional SAS ver 9.0. El análisis estadístico de las variables evaluadas no detectó diferencia en fotosíntesis y conductancia estomática entre la densidad de población evaluada. Sin embargo, la transpiración fue mayor en la densidad de población de 33,333 plantas por ha⁻¹.

Palabras clave: Fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática, follaje, repollo, densidad.

I. INTRODUCCION.

Varios son los factores que influyen directa o indirectamente en la fotosíntesis; déficit hídrico, estrés térmico (Loreto & Bonggi, 1989), concentración interna y externa de gases, composición e intensidad de la luz aunque la capacidad de conducción e intercambio gaseoso por estomas se considera como la principal limitación de la asimilación de CO₂ para el proceso fotosintético (Hutmacher & Krieg, 1983), es poco probable que el intercambio de los gases por si solo en interacción con otros factores. La tasa fotosintética está directamente relacionada con la radiación fotosintéticamente activa (composición de la luz) a los factores de disponibilidad del agua, y al intercambio de los gases (Naves, 2000).

Cuando las plantas son sometidas a competencia, las características fisiológicas de crecimiento y desarrollo normalmente son alteradas, lo que resulta en diferencia en la utilización de los recursos ambientales, especialmente en el uso del agua, que afecta directamente la disponibilidad de CO₂ y la temperatura en el mesófilo de la hoja, consecuentemente, la eficiencia fotosintética de la planta (Loreto & Bonggi, 1989).

El uso más eficiente del agua está directamente correlacionado con el tiempo de apertura estomática y resistencia estomática, ya que mientras la planta absorbe el CO₂ para la fotosíntesis, el agua se pierde por transpiración. La evaporación a través de la estoma abierta es la principal vía de pérdida de agua de la planta. Estos deben abrirse para el paso de CO₂ y O₂ durante la fotosíntesis. Sin embargo, debe existir un equilibrio entre el aumento de CO₂ y la pérdida de agua. Este lo consigue la planta al regular la amplitud de las estomas. (Pereira, 2002).

La fotosíntesis es muy sensible a la disponibilidad de agua. Existe controversia a la hora de definir el contenido de humedad del suelo a partir del cual se produce una reducción de la fotosíntesis ya que el estado hídrico de la hoja depende del contenido de agua del suelo, su flujo a través de la planta, las condiciones climáticas y factores internos a la hoja, entre otros. La necesidad de una apertura estomática para el intercambio de gases hace que la ganancia de CO_2 para la fotosíntesis vaya acompañada de una pérdida de H_2O por la transpiración. Las estomas y resistencia cuticular juegan un papel fundamental en la conservación de agua por parte de la planta sin comprometer la fotosíntesis. La transpiración necesaria durante la apertura estomática representa el 99% del agua absorbida (Gómez, 1998).

La temperatura afecta a la fotosíntesis a nivel estomático y cloroplástico. El aumento de la temperatura afecta a la velocidad de las reacciones metabólicas y el aumento de la temperatura afecta la velocidad de las reacciones metabólicas. Si la temperatura del aire es elevada se puede producir un desequilibrio entre el estado hídrico de la hoja y el flujo de transpiración, de manera que si la demanda evapotranspirativa supera a la absorción por la raíz, los estomas se cierran y se frena el intercambio gaseoso (González, 2003).

La diferencia de presión de vapor (VPD) entre hoja y atmósfera juega un papel fundamental en la apertura estomática. Si las estomas estuvieran todo el día abierto, la evapotranspiración aumentaría linealmente al tiempo que la demanda evaporativa. Cualquier incremento en VPD incrementa la transpiración, y cuando aumenta por encima de un determinado umbral, produce una disminución en conductancia estomática. La respuesta de la fotosíntesis al VPD puede ser diferente a la que presente la conductancia estomática. El descenso de la

conductancia estomática debido a aumentos del VPD se ve incrementado por condición de sequía, ya que el sistema radicular no se encuentra bien abastecido de agua. Cuando la planta recibe menos de lo que evapotranspira (Peláez, 1999).

1.1. Objetivo

Evaluar la fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática en el follaje del repollo, bajo diferente densidad de población.

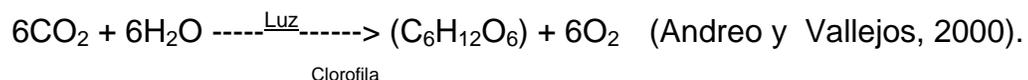
1.2. Hipótesis

La fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática en el follaje del repollo, bajo diferente densidad de población es similar.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Fotosíntesis

Una gran variedad de organismos, entre ellos, los procariotes y eucariotes son capaces de realizar fotosíntesis. En el grupo de los eucariotes, las plantas verdes, algas multicelulares, unicelulares, ciertos organismos unicelulares como los euglenoides, dinoflagelados y las diatomeas poseen esa capacidad. Los procariotes fotosintéticos comprenden las algas. La reacción global de la fotosíntesis se expresa en la siguiente ecuación:



La fotosíntesis es el proceso por el cual la biosfera capta la energía radiante es necesaria para toda la vida. La energía solar que recibe la tierra es del orden de 3×10^{24} julios (J) por año. La biosfera capta, mediante la fotosíntesis, solo una milésima parte de esa energía, o sea unos 3×10^{21} J por año. La fotosíntesis permite pues, a ciertos organismos captar energía radiante y transformarla en energía química. En muchos organismos fotosintéticos la energía que captan es utilizada para fijar anhídrido carbónico (CO_2) y sintetizar sustancias orgánicas, en particular glúcidos, tales como el almidón (Gutteridge y Pierce, 2006).

En las bacterias fotosintéticas, el proceso es diferente al que se observa en las plantas verdes y algas en que el oxígeno no aparece como producto final del proceso. Esto se debe a que en las bacterias el agua es reemplazada por otros agentes reductores, tales como compuestos reducidos de azufre, o por compuestos orgánicos hidrogenados (Cowling, 1999).

2.1.1. Fases de la fotosíntesis

2.1.2. Fase luminosa

La energía luminosa, fotones, son capturados por las moléculas de clorofila presente en los cloroplastos (otros pigmentos, como carotenoides y xantofilas también pueden absorber energía) y transferirla a los fotosistemas. El flujo de electrones, a través de los fotosistemas I y II da como resultado la formación de ATP y NADPH necesarias para la asimilación de CO_2 . Estos electrones, que llegan al fotosistema II dividen la molécula de agua y se produce oxígeno molecular, como producto de esta reacción (Gómez, 1998).

2.1.3. Fase oscura (PCR o ciclo de Calvin: Reducción fotosintética del carbón)

La energía capturada es utilizada para reducir el CO_2 a carbohidratos (8 fotones por molécula de CO_2). Utiliza la energía química ATP y NADPH. Las reacciones oscuras ocurren solo si hay suministro de ATP y NADPH. Sin embargo, el suministro generado por las reacciones nocturnas mantiene el PCR muy poco tiempo (pocos segundos) después de poner las plantas en oscuridad. PCR funciona en estrecha conjunción con las reacciones luminosas. . El CO_2 se incorpora a la Ribulosa fosfato por RuBPC/O (Ribulosa 1.5 bifosfato carboxilasa/oxígeno), enzima que constituye el 50% de la proteína de los estomas del cloroplasto. La incorporación de CO_2 por carboxidación de la ribulosa RuBPC/O da como primeros productos estables dos moléculas de glicerato 3 fosfato. La vid es una planta C3. En presencia de ATP da glicerato 1,3P, que se reduce a gliceraldehído 3P en presencia de NADPH. Esta puede combinarse

estando presente DHAP, para formar Fructosa 1,6-P, que da luego Fructosa G-P bajo la acción de la Fructosa bifosfatasa. Fructosa GP puede ser utilizada para formar sacarosa, almidón o continuar en el PCR. El Ciclo PCR (Ciclo de Calvin) se completa cuando Ribulosa 5P AP con ATP forma (en presencia de ribulosa 5P kinasa) ribulosa -P2 (bifosfato) (González, 2003).

En las reacciones oscuras de la fase oscura de la fotosíntesis, el ATP y NADPH formados en la fase luminosa se utilizan como fuente química de energía y poder reductor, respectivamente, para convertir el CO₂ en carbohidratos. Estas reacciones comienzan en el estroma del cloroplasto y continúan en el citoplasma de la célula, denominándose reacciones oscuras porque, si bien utilizan los productos de la fase luminosa, no requieren directamente luz (Bolivariano, 2007).

2.2. Transpiración

La transpiración se define como la pérdida de agua mediante la evaporación, a través de estomas y cutícula de la hoja, estando relacionada en gran medida con la resistencia estomática y potencial hídrico (ψ_w) de la hoja, que a su vez está en función del contenido de humedad en el suelo. Igualmente, es esencial conocer que la eficiencia en el uso del agua (EUA) estima la capacidad de la planta para acumular materia seca por unidad de agua evapotranspirada (Rodríguez, *et al*, 2007).

Dado el carácter fuertemente desecante de la atmósfera, el control de las pérdidas de agua ha sido siempre un aspecto clave para las plantas terrestres. Por una parte, el flujo de agua a través de una planta debe ser suficiente para mantener la nutrición y la incorporación de CO₂. Como la asimilación y la

transpiración están estrechamente ligadas en casi todas las plantas, la disponibilidad de agua impone un límite máximo a la productividad. Al mismo tiempo, para evitar la desecación de las partes aéreas el flujo de agua que entra en la planta por la raíz ha de compensar la salida de agua por las hojas. Dado que los procesos fisiológicos son extremadamente sensibles al déficit hídrico, la conservación del agua para mantener potenciales hídricos razonablemente altos suele ser el principal problema (como mínimo a corto plazo) para las plantas sometidas a condiciones de sequía (Vilalta y Piñol, 2003).

Las hojas pierden agua irremediablemente a través de los poros estomáticos, como consecuencia de la actividad fotosintética de las células del mesófilo. Se podría decir que la transpiración es un mal necesario, ya que si las estomas no se abren no penetra el CO_2 requerido para la fotosíntesis por las células del parénquima clorofílico. El potencial hídrico de la planta está determinado por dos factores importantes que son: la humedad del suelo, que controla el suministro de agua y la transpiración que gobierna la pérdida de agua. Estos factores ejercen su acción a través de la conductancia estomática, que depende tanto del contenido de agua del suelo como de la humedad relativa del aire (Hernández, 2007).

2.2.1. El papel de las estomas en transpiración

La evaporación a través de la estoma abierta es la principal vía de pérdida de agua de la planta. Estos deben abrirse para el paso de CO_2 y O_2 durante la fotosíntesis. Sin embargo, debe existir un equilibrio entre el aumento de CO_2 y la pérdida de agua. Este lo consigue la planta al regular la amplitud de las estomas. La luz estimula la apertura y cierre de la estoma. Otros parámetros que pueden

influir son el calor y humedad relativa o déficit de la presión de vapor, definido este como la diferencia entre la presión de vapor del interior de los estomas y la del aire, los cambios del ambiente, luz, calor y humedad, influyen en el momento en que empieza la transpiración y en el índice de recambio que alcance esta durante el día (Lee, 2009).

2.2.2 La transpiración en repollo

El repollo es una planta exigente de humedad del suelo, debido a la masa foliar que desarrolla, evapora grandes cantidades de agua, cuando la humedad del suelo es poca, un alto porcentaje de estomas se cierra, la transpiración y el autorefrescamiento de los tejidos se reduce y también se afecta la entrada de dióxido de carbono para el proceso fotosintético, disminuyendo la acumulación de carbohidratos, por consiguiente las hojas más viejas se tornan amarillas y se caen antes de tiempo, por lo que el tronco exterior parece más alto. Las etapas que demandan mayor humedad el cultivo en el suelo son: al momento del trasplante y en la fase de formación de cabeza (Huerres y Caraballo, 2000).

2.3. Conductancia estomática

La absorción de CO_2 en la fotosíntesis implica que las plantas exponen superficies húmedas a una atmósfera seca y en consecuencia, sufren una pérdida de agua por evaporación. Una pérdida de agua muy grande conduce a la deshidratación. Así, las plantas han desarrollado hojas formadas por una epidermis compuesta de una cutícula relativamente impermeable y válvulas operadas por turgencia: las estomas. La epidermis no solo reduce las tasas de intercambio de CO_2 y vapor de agua, sino también proporciona un medio para

controlar la asimilación y la transpiración a través de los poros estomáticos. De esta forma las estomas desempeñan un papel crucial en el control del equilibrio entre la pérdida de agua y la producción de biomasa. La medición del tamaño de la apertura (apertura estomática), o la resistencia a la transferencia de CO_2 y vapor de agua (H_2O) entre la atmósfera y el tejido interno foliar impuesta por las estomas (resistencia estomática), tiene gran importancia para muchos estudios de producción de biomasa. Este es el caso en particular de cultivos en los cuales es importante maximizar la eficiencia del uso del agua (EUA), que se define como la masa de CO_2 asimilada (o la ganancia en peso seco) por unidad de masas de agua transpirada (Jara, 2004).

La disminución del área foliar junto con una reducción en la conductancia estomática, pueden limitar la intercepción de la energía solar como la tasa de fotosíntesis y la producción de materia seca en la planta. Existe un cuestionamiento creciente en cuanto al efecto real de los movimientos estomáticos inducidos por el déficit hídrico, en relación con la fotosíntesis y la producción de materia seca en un cultivo. La conductancia estomática juega un papel importante en el cambio del agua de la planta-atmósfera. Debido al fenómeno de cambio climático, las plantas pueden variar su conducta en cuanto a producción de biomasa y tasas transpiratorias. Al respecto, el intercambio gaseoso, y en particular, la transpiración, son reguladas por la conductancia estomática de la hoja (Romero, 2002).

Las hojas pierden agua a través de sus estomas como una consecuencia de la actividad fotosintética de las células del mesófilo. Las estomas ejercen el mayor control de corto plazo en las relaciones hídricas de una planta debido a que controlan la salida de agua que ocurre en respuesta a un fuerte gradiente de diferencia de presión de vapor (DPV) entre el aire y la hoja. Tanto la absorción desde suelo por la raíz como la transpiración por las hojas, ejercen un control

primario en la regulación de la conductancia estomática. La conductancia estomática regula las pérdidas de vapor de agua y el ingreso de CO₂, por lo que su función es no solamente minimizar la transpiración, sino también maximizar la fotosíntesis (Huerres y Caraballo, 2000).

2.3.1. La resistencia difusiva y conductancia estomática

La resistencia difusiva es considerada como una medida de la condición fisiológica de las plantas y su reacción frente a factores medioambientales, siendo de gran importancia en el control de la pérdida de agua y absorción de CO₂ para la fotosíntesis. El inverso de la resistencia difusiva es la conductancia estomática. El cierre de los estomas es la respuesta de la planta frente a desequilibrios hídricos en el continuo suelo-planta-atmósfera, por lo tanto la respuesta estomática es un indicador de la sensibilidad de la planta al estrés hídrico. El desarrollo de déficit a nivel del suelo se traduce en la disminución del potencial hídrico foliar, conductancia estomática, y tasa de asimilación de CO₂. El comportamiento de la planta frente al estrés hídrico se puede explicar utilizando dos parámetros relacionados con estos procesos: potencial hídrico, medido con la cámara de presión Scholander y conductancia estomática, mediante el porómetro de difusión (Quezada, *et al*, 2005).

2.4. Generalidades del repollo.

El repollo (*Brassica oleracea L. var. capitata.*) es una planta perteneciente a la familia Cruciferae, que incluye hortalizas comestibles importantes como coliflor, brócoli, rábano y mostaza. Es una de las hortalizas de mayor importancia económica y consumo, ocupando el primer lugar dentro de los

vegetales de hoja, tallo, brotes y flor (Sarita, 1993). El repollo se cultiva para el aprovechamiento de las hojas que conforman la cabeza las cuales pueden consumirse en fresco, cocinado de distintas formas o encurtidas. El repollo es la hortaliza más importante dentro de la familia crucíferae en todo el mundo aunque su mayor difusión e importancia económica se localiza en los países fríos y templados (Canela, 1992).

2.5. Origen e importancia del repollo

El cultivo del repollo se originó en las regiones mediterráneas y litorales de Europa Occidental, de una planta denominada berza silvestre (*Brassica oleracea* var. *Sylvestris*), miles de años antes de la era Cristiana. Se ha determinado que el origen del repollo tipo silvestre fue en el Este de Inglaterra, a lo largo de la costa de Dinamarca y el Noreste de Francia (Armstrong, 1992), cultivada al parecer por los egipcios 2,500 años A.C. y posteriormente por los griegos. En la antigüedad era considerada como planta digestiva y eliminadora de la embriaguez (Lozano, *et al.*, 2004).

El repollo, es importante económicamente en los países fríos y templados, aunque actualmente los grandes avances genéticos han facilitado su cultivo en casi todas las latitudes, de tal forma que en los países tropicales es una hortaliza comúnmente producida y utilizada ampliamente por la población (INTA, 1999). Se introduce en América en la época de la colonización con el traslado de los españoles al nuevo mundo (MAG-FOR, 1998).

Generalmente el cultivo del repollo está en manos de pequeños y

medianos productores, con pocos recursos económicos los que siembran en parcelas de monocultivo o asociado con otros cultivos. El promedio del área sembrada oscila entre 0.34 a 3.49 hectáreas (Díaz, *et al*, 1999). El área a establecer por productor lo determina la zona, la época de siembra, la forma de producción (individual o en sociedad), accesibilidad a la comercialización y recursos monetarios disponibles. El repollo es necesario en la dieta alimenticia por sus componentes nutritivos y se utiliza para consumo fresco encontrándose en diversas comidas como ensaladas, sopas, condimentos, comidas típicas etc. (UNA, 2000).

2.6. Importancia económica

La importancia del repollo radica en su constante demanda durante todo el año, así como la mano de obra que genera (Valdez, 1998), donde se involucra en las actividades productivas a la familia, reduciéndose así la necesidad de liquidez. Sin embargo los márgenes de productividad son elevados y recaen directamente en los insumos que requieren el cultivo (MAG-FOR, 1998).

2.7. Clasificación Taxonómica (Valdez, 2000).

Reino: Plantae.

Subreino: Embryobionta.

División: Magnolophyta.

Orden: Violiflorae.

Clase: Dicotiledónea.

Subclase: Dillenidae.

Familia: Brassicaceae (Antiguamente: crucífera).

Género: Brassica.

Especie: Brassica oleracea.

Variedad: Brassica oleracea var. Capitata.

En el cuadro 1 se muestran los nutrientes principales que contiene el repollo, en el cual destaca, el agua un 95%, carbohidratos y potasio.

Cuadro 1. Contenido nutricional del repollo (Lozano, *et al.*, 2004).

Agua	95 %
Proteínas	1.2 g
Lípidos	0.8 g
Carbohidratos	3.0 g
Fibras	0.6 g
Cenizas	0.7 g
Calcio	43 mg
Fósforo	40 mg
Hierro	0.6 mg
Sodio	23 mg
Potasio	253 mg
Vitamina A	150 mg
Tiamina	0.05 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.26 mg
Ácido ascórbico	25 mg

En el cuadro 2 se mencionan los compuestos orgánicos e inorgánicos que contienen 100 gr de parte comestible de repollo, se realiza la comparación de las investigación de tres autores. En los resultados presentados por los diferentes autores destaca un mayor contenido de agua, fibra, proteínas y carbohidratos.

Cuadro 2. Concentración de compuestos orgánicos e inorgánicos en base a 100 gramos de parte comestible de repollo.

Contenido	Autores		
	Valadez 1998	INTA 1999	OCEANO CENTRUM 1999
Agua	92.40 %	92.40 %	92.40 %
Fibra	-	1.50 g	0.80 g
Proteínas	1.30 g	1.30 g	43 g
Carbohidratos	9.90 g	8-12 g	-
Calcio	16 mg	16 mg	49 mg
Fósforo	33 mg	33 mg	29 mg
Hierro	0.70 mg	0.70 mg	0.40 mg
Sodio	20 mg	233 mg	0.02 g
Potasio	233 mg	20 mg	0.233 g
Vitamina A	-	80.00 ui	130 ui
Vitamina B1	-	0.06 mg	-
Vitamina B2	-	0.05 mg	-
Niacina	-	0.30 mg	0.30 mg
Vitamina C	-	50 mg	-
Tiamina	-	-	0.05 mg
Ácido ascórbico	47 mg	-	47 mg

2.8. Descripción morfológica

2.8.1. Planta

El repollo (*B. Oleracea* var. *Capitata*) es bianual. En el primer año produce una cabeza comestible, la floración se da únicamente durante el segundo año de vida de las plantas después de pasar a través de una época fría o hibernación; razón principal por la que no se puede producir semilla de repollo en países tropicales. El primer ciclo de vida del repollo o fase de crecimiento vegetativo es el más importante para los productores (Bolaños, 2001).

2.8.2. Sistema radicular

El repollo se caracteriza por poseer gran cantidad de ramificaciones radiculares muy finas con muchos pelos absorbentes. La mayor parte de la raíz está ubicada a una profundidad de 30-45 centímetros, aunque alguna puede llegar hasta 1.5 metros y lateralmente alcanzar hasta 1 metro. Las características rizogénicas citadas determinan gran exigencia de agua, así como frecuente aplicación de fertilizantes (INTA, 1999).

2.8.3. Tallo

Es algo grueso y jugoso, con su parte inferior leñosa, presenta primordios radicales que le permiten desarrollar raíces adventicias en condiciones de suelo húmedo. Los entrenudos son cortos. Al formarse el repollo la región apical queda dentro del repollo, en este caso se le llama tallo interior o tronco interior. La parte

inferior queda debajo de la base del repollo se le llama tallo exterior. A todo lo largo del tallo se sitúan las hojas y en la intersección de estas con el primero se encuentran las yemas laterales, las cuales permanecen en estado de reposo, mientras la yema apical está presente. Cuando el repollo es cosechado cesa la dominancia apical y las yemas laterales inician su crecimiento, lo cual hace posible una segunda cosecha, aunque de repollos más pequeños (Huerres y Caraballo, 2000).

2.8.4. Hoja

Las hojas son simples, grandes, bien desarrolladas y suculentas. Las que forman el órgano de almacenamiento tienen grandes cantidades de almidón que gradualmente se convierten en azúcares. Las hojas forman la cabeza que es la estructura de almacenamiento y parte utilizada para el consumo humano, ésta varía grandemente en tamaño, forma, textura y color según la variedad (Edmond, *et al*, 2002)

2.8.5. Flor

El número de flores en la col es grande (centenas de flor) de coloración amarilla, llegando a medir cerca de 1 cm, cuando se encuentran abiertas (Gudiel, 2001). Es de naturaleza hermafrodita pero de polinización cruzada realizándose ésta a través del viento e insectos. La planta es auto estéril por incompatibilidad de su propio polen por lo que presenta polinización entomófila (Daughtry, *et al*, 1983). La flor presenta cuatro sépalos y cuatro pétalos, dispuestos en forma de cruz (de donde se denomina el nombre de la familia Cruciferae), un androceo con seis estambres, dos exteriores cortos y cuatro interiores

largos, y ovario superior bilocular, donde están dispuestos los óvulos, cuyo número es de 10 a 20 (Gudiel, 2001).

2.8.6. Fruto

El fruto consiste en una silicua semejante a una pequeña vaina de cerca de 3 mm., de diámetro y 8 cm., de longitud, es dehiscente cuando está seco (Sarita, 1993).

2.8.7. Semilla

La semilla es esférica o redondeada muy pequeña, de coloración marrón, de 1 a 2 mm, de diámetro y superficie ligeramente irregular (Sarita, 1993).

En el cuadro 3 se describen cada una de las etapas fenológicas del repollo y sus características, realizadas por el Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.

Cuadro 3. Etapas fenológicas del repollo (CATIE, 2000)

ETAPAS	CARACTERISTICAS
Plántula o semillero	Desde la siembra de la semilla hasta el transplante y comprende el estado de cotiledón, en que todavía no están presente las hojas verdaderas y el estado de plántula cuando la planta presenta cinco hojas verdaderas.

Establecimiento	Comprende desde la etapa de transplante, cuando las plantas tienen entre 6 y 8 hojas hasta el estado de 9 a 12 hojas, al final de esta etapa la base del tallo es todavía visible cuando la planta es vista desde arriba y los peciolos de las hojas son todavía alargados.
Desarrollo vegetativo (preformación de cabeza)	<p>En este estado los pecíolos de las hojas son cortos, las hojas del corazón crecen en forma vertical y son visibles sin tener que mover las hojas circundantes, el total de hojas oscila entre 13 y 19.</p> <p>El estado de formación de copa: se inicia cuando la planta tiene 20 hojas hasta alcanzar 26 hojas. Aquí las hojas más profundas del corazón que crecen todavía en forma vertical están ya ocultas por las hojas circundantes. Todas las hojas producidas durante esta etapa llegarán más tarde a ser las hojas exteriores que no tocan la cabeza en la planta madura</p>
Formación de cabeza	Comprende un estado temprano de formación de cabeza que se inicia cuando ésta tiene entre 5 y 8 cm. de diámetro, en este estado las hojas internas del corazón se desarrollan rápidamente formando una estructura semejante a una bola de hojas superpuestas, redondeadas por las hojas más viejas circundantes, las cuales no ejercen presión contra la cabeza en desarrollo.
Llenado de cabeza	Cuando esta tiene entre 8 y 15 cm. de diámetro todavía sin una consistencia firme. La presión hacia fuera que ejercen las hojas que se van formando en el corazón forzan a las hojas más externas superpuestas conformando la cabeza. Esta cabeza redondeada está rodeada por las hojas envolventes (las cuatro hojas exteriores semiextendidas que están unidas a la cabeza).
Madurez (cosecha)	Finalmente comprende el estado de madurez, cuando la cabeza adquiere la máxima dureza y tamaño, aproximadamente 12 a 18 cm., al final de esta etapa la cabeza adquiere la consistencia ideal y está lista para

	cosecharse.
--	-------------

2.9. Requerimiento del cultivo.

2.9.1. Requerimientos del cultivo.

El repollo se adapta a una: Altitud de 1000 a 3100 m.s.n.m. clima cálido, subcálido, prefiere templado y frío, con una precipitación de 700 a 1500 mm, necesita de 4 a 8 horas sol por día en cielo despejado y una humedad relativa de 85-90 %. Este cultivar es poco susceptible al viento y heladas (Padilla, 2000).

El repollo es básicamente una planta de temporada fría, ya que prospera mejor y produce mejor cabeza a temperaturas entre 10-21 °C (Díaz, *et al*, 1999).

La fase reproductiva se da hasta el segundo año la cual requiere del estímulo de baja temperatura (hibernación), las que activan los procesos fisiológicos que culminan con la producción de uno o más tallos florales en los que se origina la inflorescencia (Bolaños, 2001).

2.9.2. Suelo

Se adapta a una amplia gama de suelo; el mejor rendimiento se obtiene en suelo de textura franca con buena profundidad y con una adecuada retención de

humedad, en suelo pesado es necesario garantizar un buen drenaje para evitar el encharcamiento. En suelo muy liviano (arenosos) se requiere abundante riego y aplicación de materia orgánica (Díaz, *et al*, 1999).

El repollo es un vegetal duro que crece bien en suelo fértil. Las plantas que ya han endurecido, son tolerantes a las heladas y se pueden plantar a la entrada de la estación fría, en los huertos de vegetales. Se desarrolla en buena manera en suelo profundo, rico en humus y buen drenaje, con un rango de pH de 6 a 7.5 (Rivera, 2002).

2.9.3. Siembra en almacigo

El tamaño de la semilla es muy pequeño, es imprescindible acudir a la elaboración de almacigo o semillero, el suelo más apropiados es el fértil, suelto, plano y bien nivelado que permita una buena penetración del agua y a su vez facilite las prácticas de raleo, entresaque y deshierbe (Suquilanda, 2006).

Se requiere reproducir el cultivo del repollo por medio de semillero, donde permanecen por tres o cuatro semanas, hasta que las plántulas obtengan por lo menos cuatro hojas verdaderas, de allí se trasplanta al sitio definitivo (Rivera, 2002)

2.9.4. Época de siembra

Los requerimientos de temperatura para la planta de col en las diferentes etapas de su desarrollo es considerado para un cultivo en otoño invierno, finalizando la cosecha en noviembre-diciembre para siembras

realizadas durante el mes de julio (Pletsch, 2006).

2.9.5. Trasplante

Se debe dejar de 30 a 60 cm de espacio entre las hileras, dependiendo del cultivar, tamaño y forma de la cabeza de repollo deseado. Cuanto menos distancia, más pequeña es la cabeza. Siembre la semilla del repollo entre 0.6 a 1.2 cm de profundidad (Hidalgo, 2007).

Las plantas raleadas (quitadas) se pueden transplantar a otra fila o bandeja. Para establecer una hectárea de repollo se necesitan de 30,000 a 40,000 plantas, las mismas que serán ubicadas a una distancia de 40-50 cm entre ellas (Hidalgo, 2007).

Algunas de las precauciones que deben tenerse al momento del trasplante son: escoger plántulas fuertes con 4 a 6 hojas. Evitar daño de la raíz y la excesiva compactación del suelo. Escoger el mejor momento para el trasplante y no enterrar demasiado las plantas de tal manera que el cuello quede sobre el suelo. No podar las raíces y las hojas. Es de vital importancia que el suelo esté en capacidad de campo antes o al momento de colocar las plantas para que de ésta manera no sufran mucho estrés (Cáceres, 2003).

Si esta labor se realiza con una sembradora mecánica, una vez calibrada dará una distancia adecuada entre hileras, plantas y profundidad de siembra del pilón; la mejor distancia es de 65 cm entre hileras y 33 cm entre plantas, en invierno o verano respectivamente. Si el trasplante es manual el surcado se lo

realiza con thiller que dará una distancia entre hileras, mientras que la distancia entre plantas se hace con señaladores manuales de 3 puntas, a las distancias requeridas y finalmente se procede al hoyado. Dentro de las diferentes recomendaciones de densidades, es de acuerdo a la variedad, la zona, la época de siembra; generalmente se recomienda densidades entre 40,000 a 50,000 plantas por hectárea (Padilla, 2000).

2.9.6. Polinización

La polinización es entomófila por lo tanto es posible que ocurra alogamia y autogamia. Sin embargo, las plantas de repollo tienden a ser predominantemente alógamas debido a que la mayoría de las plantas presentan el inconveniente de autoincompatibilidad (Montes, 2004).

2.9.7. Riego.

El cultivo del repollo tiene requerimiento hídrico de 500-600 mm/ciclo (Hidalgo 2007). El riego debe ser regular y abundante en la fase de crecimiento. En la fase de inducción floral y formación de pella. Conviene que el suelo esté sin excesiva humedad, pero si en capacidad de campo (Cáceres, 2003). Para alcanzar alto rendimiento y calidad de la inflorescencia, la planta de repollo no debe sufrir estrés hídrico, ya sea por falta o exceso de agua y/o calidad de esta. El requerimiento de agua varía según las condiciones ambientales y estado de desarrollo del cultivo. Posterior al transplante el riego debe ser cada 7-10 días, dependiendo de la temperatura existente, el consumo total por parte del cultivo es de 4,000 m³ de agua/ha (Krarup, 2005).

El máximo requerimiento hídrico ocurre cuando el cultivo ha alcanzado la máxima cobertura foliar y desarrollo de la inflorescencia. Sin embargo, el riego al inicio debe ser frecuente para asegurar un buen establecimiento (Krarup, 2005). Una vez realizada la plantación, se procede inmediatamente a dar el riego. Para evitar una transpiración excesiva y el desecamiento de las plantas, el terreno debe acortarse en parcelas que permitan el riego lo más pronto posible tras la plantación (Maroto, 2003). Las plantas de repollo requieren de una alta humedad relativa, a causa de su gran desarrollo foliar. Esta es la razón por la que se recomienda el uso de riego por aspersión en el cultivo, el que produce un efecto de refrescamiento en las hojas, disminuyendo así la transpiración. La humedad relativa más favorable para el cultivo del repollo es de 85-90% (INTA, 2002).

2.9.8. Cosecha

El repollo se puede cosechar en cualquier momento, después que haya llegado la madurez. Para obtener alto rendimiento, corte las cabezas de repollo cuando están duros (firmes cuando se presionan con la mano) pero antes de que se agrieten o partan (rajen). Cuando las cabezas maduran, una lluvia fuerte y repentina puede provocar que las cabezas se agrieten o abran. Corte tan bajo (cerca del suelo) como sea posible, dejando la hojas abiertas del repollo intactas (Maroto, 2003).

2.10. Control de maleza y enfermedades

2.10.1. Control de maleza

La maleza compite con los cultivos por luminosidad, agua, nutrientes. En la competencia e influencia que la maleza ocasiona al cultivo, el período crítico de interferencia esta dado desde los 30 a los 60 días, pues pasado este tiempo la planta de repollo supera a sus competidoras en fenología y sistema radicular impidiéndoles su desarrollo normal. En la primera etapa en conjunto con la fertilización, se realiza el paso de rastrillo con uñas de 25 cm de largo espaciados entre si 10 cm. Estas incorporan el fertilizante y remueven la capa superficial, destruyendo maleza que está emergiendo; esta labor se realiza entre los 15-40 días. Seguidamente se procede a pasar el thiller que a la vez incorpora el fertilizante, remueve el suelo un poco más profundo, aflojándolo pues a esta altura del cultivo a causa de la compactación de tractor, lluvia y riego necesita oxigenar el suelo para mejorar la absorción de ciertos elementos. Finalmente a los 60 días se procede a aporcar el cultivo mediante la aporcadora diseñada al ancho del surco (60-80cm), ésta a su vez ayuda a incorporar la última fertilización (Secaira, 2000).

2.10.2. Control de enfermedades

En el cultivo del repollo se ha podido determinar la presencia de fitopatógenos clásicos, es decir; agentes causales de enfermedades de plantas comunes adaptados a los sistemas intensivos de explotación del repollo. Además, un gran número de agentes causales de enfermedades son reportados únicamente en otros continentes (Falconí, 2000).

Especialmente notorio es la acción de los reguladores de agentes fitopatógenos de diferentes categoría taxonómica y rango de actividad que

determinan asociaciones poblacionales que forman parte de un patosistema (hospedero-patógeno-regulador) que puede ser controlado o estimulado, mediante inductores poblacionales, métodos culturales de manejo (Secaira, 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera.

La Comarca Lagunera se ubica en la parte norte de la República Mexicana su conformación comprende el sureste del estado de Coahuila y noreste del estado de Durango. Comprende 15 municipios: por el estado de Coahuila se encuentran los municipios de Torreón, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero, Matamoros, Viesca; y por el estado de Durango: Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Cuencamé, Mapimí, Nazas, Rodeo, San Pedro del Gallo, San Luís del Cordero, Simón Bolívar y San Juan de Guadalupe. Está limitada por los meridianos 102° 51', 103° 40' de su longitud oeste de Greenwich y los paralelos 25° 25' y 25° 30' latitud Norte a una altura de 1100 a 1400 msnm. Contando con una precipitación anual de 200 a 309 mm, y una temperatura media anual de 20.12 a 21 °C, la vegetación predominante es de Matorral xerófilo.

3.2. Localización del lote experimental.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en Torreón Coahuila, dentro del área experimental del Departamento de Riego y Drenaje.

3.3. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. El experimento se realizó en una superficie de 234 m², con

surcos de 1.5 m de ancho y 52 m de longitud. Se delimitaron las unidades experimentales marcando 1.5 m de ancho por 8 m de longitud obteniendo un área de 12 m² y se delimitaron las parcelas útiles marcando 1.5 m de ancho por 2 m de largo.

3.4. Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el experimento fueron fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración en el follaje del repollo y se realizó el análisis estadístico de los datos de campo utilizando el programa computacional SAS.

3.5. Prácticas culturales

La preparación del terreno consistió en las labores tradicionales de acondicionamiento del suelo antes del trasplante como; barbecho, rastreo, nivelación y formación de camas con el objetivo de dejar el suelo en condiciones óptimas para el desarrollo de la planta.

3.6. Siembra.

La siembra se realizó en forma directa (camas) el 21 de noviembre de 2009 de la semilla var. Capitata, a una profundidad de 0.5 mm. Posteriormente se llevó a cabo el raleo y trasplante en el mes de enero de 2010, considerando una distancia entre hilera de 1.5 m a hilera sencilla, una separación de 75 cm a doble hilera y una distancia entre plantas de 40 cm.

3.7. Manejo del cultivo

3.7.1. Control de maleza

Se realizaron dos limpiezas durante el desarrollo del cultivo. El primero a mediados del mes de febrero y el segundo a finales del mes de marzo, ambos en forma manual utilizando estribos. Sin embargo debido a la época en la cual se desarrolló el cultivo, no existió mucha presencia de maleza, por lo que no se utilizó ningún tipo de herbicida para su control.

3.7.2. Control de plagas

Se realizaron recorridos para detectar la presencia de plagas y se observó que no hubo plaga que causara un impacto económico importante, sin embargo el pulgón verde se hizo presente, por lo cual se realizaron aplicaciones del plaguicida orgánico conocido comercialmente como INSECT SOAP, ingrediente activo: aceite superior, comercialización por consultoría integral P.S.S.A DE C.V con fines de control bajo la dosis recomendada de 0.8547 L ha^{-1} , por lo que para el área experimental (234 m^2) se ajustó a 0.02 litros diluido en 12 litros agua aplicado a través de una aspersora manual de 15 litros de capacidad.

3.8. Riego

El riego fue aplicado utilizando sistema de riego por goteo subsuperficial. El gasto promedio por emisor fue de 0.5 litros por hora con un espaciamiento de 20 cm entre goteros. El riego se aplicó 2 veces por semana por un tiempo de 16 horas. Se aplicó un riego al momento de la siembra, durante el periodo invernal el intervalo de riego disminuyó debido a la poca evapotranspiración requerida por la

planta, y a medida que la temperatura se fue incrementando el intervalo de riego aumento.

3.9. Uso del sistema de fotosíntesis portátil CI-340.

En la medición de la fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática, se utilizó el sistema de fotosíntesis portátil modelo CI-340, esto se llevó a cabo en el campo experimental de la UAAAN UL, se realizaron las mediciones semanalmente entre las 12:00 y 14:00 horas, los datos obtenidos fueron procesados utilizando el programa estadístico SAS versión 10.1.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fotosíntesis

La fotosíntesis del follaje del repollo bajo las dos densidades de población evaluadas se presentan en el cuadro 4. El análisis estadístico no detectó diferencia entre las densidades de población evaluadas, por lo tanto la fotosíntesis del follaje del repollo bajo ambas densidades fue similar. La radiación solar interceptada en ambas densidades de población es la misma, por lo tanto, se tiene como resultado la misma actividad fotosintética en el cultivo bajo ambas densidades de población.

4.2. Conductancia estomática

La conductancia estomática del follaje del repollo bajo las dos densidades de población se presenta en el cuadro 4. El análisis estadístico no detectó diferencia entre las densidades de población evaluadas, por lo tanto la conductancia estomática del follaje del repollo es estadísticamente similar bajo las dos densidades de población evaluadas. La tasa fotosintética está directamente relacionada con la radiación fotosintéticamente activa (composición de la luz) a los factores de disponibilidad del agua, e intercambio de los gases, es por esto que si se tiene la misma actividad fotosintética se tendrá por lo tanto, la misma apertura o conductancia estomática.

4.3. Transpiración

La transpiración del follaje del repollo bajo las dos densidades de población se presenta, se presenta en el cuadro 4. El análisis estadístico detectó diferencia en transpiración entre las densidades de población evaluadas, la transpiración fue

mayor en la densidad de población más alta, lo cual probablemente se debe a que existe competencia entre las plantas por la disponibilidad de agua en el suelo. Explica en el experimento realizado en maíz bajo diferente densidad de población: La densidad más alta, provoca una competencia entre plantas que favorece el alargamiento de células y afecta indirectamente el proceso de transpiración (Norman, 1989).

Cuadro 4. Fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática en el follaje del repollo bajo diferente densidad de población (UAAAN U.L. 2009-2010).

Densidad de población (Plantas ha⁻¹)	Factores evaluados		
	Fotosíntesis (Umol/m²/s).	Conductancia Estomática (Mmol/m²/s).	Transpiración (Mmol/m²/s).
16, 666	23.8467	196.10	4.1783 b
33, 333	23.0217	201.11	4.9650 a

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y condiciones en que se realizó el presente trabajo, se concluye:

- La fotosíntesis y conductancia estomática no fueron afectadas por la densidad de población.
- La transpiración se vio afectada por la densidad de población.

VI. LITERATURA CITADA

- Andreo, C. S. y Vallejos, R. H. 2000. Serie de Biología, fotosíntesis. Centro de Estudios Fotosintéticos y Bioquímicos, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Fundación Miguel Lillo y Universidad Nacional de Rosario. Argentina.
- Armstrong, A.M. 1992. Insectos y Métodos de Control en Repollo. *In* Foro técnico cultivo y producción de repollo. Barranquitas. Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico. Recinto de Mayaguez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Estación experimental agrícola.p.21-24.
- Bolaños, H.A. 2001. Introducción a la olericultura. 2 ed. San José, CR. EUNED. pp.257.
- Bolivariano, G. L. 2007. Biología, Aspectos Generales de la fotosíntesis. Ministerio de Educación y Deportes. República Boliviana de Venezuela, Puerto La Cruz. pp.7.
- Cáceres, E. 2003. Producción de hortalizas. 3ed. Costa Rica. IICA. pp. 67.
- Canela, A. 1992. Comportamiento de catorce variedades de repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*) en siembra de primavera. Tesis. Universidad Pedro Henríquez Ureña.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2000. Guía para El manejo integrado de plagas del cultivo del repollo. Proyecto Regional MIO. Turrialba, CR. Serie técnica. Informe técnico/ CATIE No 150. pp. 13-14.

- Cowling, S.A. 1999. Las plantas y desacoplamiento de la temperatura de CO₂. *Ciencia* 285. pp. 150-151.
- Daughtry, C.S., Gallo, K.P. y Bauer, M.E. 1983. Spectral estimates of solar radiación intercepted by corn canopies. *Agronomy Journal* 72. p.p. 527.
- Díaz, J.F., Miranda, F., Molina, J., Zamora, M. y Zeledón, R. 1999. Manejo integrado de plagas en el cultivo de repollo. Serie técnica. Manual técnico. No 38. Managua. NI. CATIE. pp. 11-14.
- Edmond, J. B., SENN, T.L. y ANDREWS, F.S. 2002. *Horticultura*. 3 ed. Distrito Federal, MX. CECSA. pp. 444.
- Falconí, C. 2000. Patología de Brassicaceae: componentes, variables de estudio Quito, Ecuador. Primer Seminario Internacional de Brassicaceae. Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropriada (FEDETA). pp. 70.
- Gómez, M. V. 1998. Mecanismos de adaptación a sequía en la vid. Evaluación del consumo de agua, crecimiento y desarrollo vegetativo, productividad y eficiencia en el uso del agua de cuatro genotipos de vid. E.T.S.I. Agrónomos. *Producción Vegetal: Fitotecnia*. J. R. Lissarrague. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. pp. 383.
- González, C. M. 2003. Estudio ecofisiológico y agronómico de cuatro sistemas de conducción de la vid (*Vitis vinifera* L.): Cubiertas vegetales simples versus divididas. Departamento De Producción Vegetal: Fitotecnia. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.

- Gudiel, V. M. 2001. Manual Agrícola SUPERB. 6 ed. superb. Guatemala. pp. 178.
- Gutteridge, S. y Pierce, J. 2006. Una teoría unificada de la base de las limitaciones de la reacción primaria de la fijación fotosintética: Pro. Natl. Acad. Sci. 103. pp. 72-74
- Hernández, G R. 2007. LibroBotánicaOnline, Transpiración. Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes.
- Hidalgo, L. 2007. Guía Técnica del cultivo de col.
- Huerres, C. y Caraballo, N. 2000. Horticultura. Pueblo y educación. La Habana, CU. pp. 55-58.
- Hutmacher, R. B. y Krieg, D. R. 1983. Photosynthetic rate control in cotton. Plant Physiol., v. 73, n. 3, p. 658-661.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 1999. Guía tecnología 23. Cultivo del repollo. Managua, NI. p. 1-7.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología y Desarrollo Forestal, Nic). 2002. Agricultura y Desarrollo. El repollo nacional el más barato de Centroamérica. NI. pp. 1-7.
- Jara, R. F. J. 2004. Evaluación de un modelo para estimar la conductancia estomática de la hoja en vides (*Vitis vinifera* L. cv Cabernet Sauvignon). Magister en horticultura. Universidad de TALCA.

- Krarup, C. 2005. Seminario sobre la Producción de col. Agricultura Development Consultans, I. Quito. pp. 26.
- Lee, A. 2009. Hidroponía e invernaderos, El movimiento del agua a través de las plantas, Grodan BV. No 72. pp. 44-45.
- Loreto, F. y Bonghi, G. 1989. Combined low temperature-high light effects on gas exchange properties of jojoba leaves. *Plant Physiol.* v. 91, n. 4, p. 1580-1585.
- Lozano, L. G., Santiago, Q. C. y Pulido, A. J. 2004. Hortalizas las llaves de la energía. Digital universitaria. México. Pp.8.
- MAG-FOR. 1998. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Forestal, Nic). Agricultura y Desarrollo. El repollo nacional el más barato de Centroamérica. No 44. pp. 1-5.
- Maroto, J. 2003. Horticultura herbácea especial. 4^{ta} ed. Madrid, España. Ediciones Mundi Prensa. Pp. 568.
- Montes, L.A. 2004. Cultivo de hortalizas en el trópico. Escuela Agrícola Panamericana. Departamento de horticultura. Zamorano. pp. 155.
- Naves, B. 2000. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *R. Bras. Fisiol. Veg.* v. 12, n. 1, p. 119-134.
- Norman, J.M. 1989. The description and measurement of plant canopy structure. En: *Plant Canopies: Their growth, form and function*. Cambridge University Press. Cambridge, England. Russell G, B Marshal, PG Jarvis.
- OCÉANO CENTRUM. 1999. Biblioteca práctica de la agricultura y la ganadería:

Hortalizas aprovechables por sus hojas. Barcelona, ES. pp. 585.

- Padilla, W. 2000. Fisiología, estudios de extracción de nutrientes y fertirrigación en el cultivo de Brassicaceae (repollos). Quito, Ecuador. Primer Seminario Internacional de Brassicaceae. Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropriadada /FEDETA). pp. 70.
- Peláez, H. 1999. Balance de radiación fotosintéticamente activa, microclima luminoso y evaluación fisiológica y agronómica de distintos sistemas de conducción en diferentes regímenes hídricos en el cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.). Dto. Producción Vegetal: Fitotecnia. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid: 272.
- Pereira, N. 2002. Crescimento e desenvolvimento In: WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. (Eds.). Fisiología vegetal - produção e pós-colheita. Curitiba: Champagnat. p. 17-42.
- Pletsch, R. 2006. El cultivo de repollo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ediciones INTA. México. Pp. 3-4.
- Quezada, C., Frey, R. y Hernán, G.. 2005. La resistencia difusiva como indicador del estado hídrico de la planta, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Depto de Suelos, Chillán. pp. 91-92.
- Rivera, H. 2002. Producción de hortalizas en relación a la fertilidad del suelo en el área de Chambo. Tesis Ing. Agr. Riobamba, ESPOCH, FIA. pp. 13.
- Rodríguez, A. S. J., Edison, A. A. N. y Caldas, F. J. 2007. Movimiento del agua en la planta y su transpiración. Universidad distrital. Facultad de ciencias y

educación licenciatura en biología. Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/19411635/Transpiracion-en-Plantas>.

- Romero, R. 2002. Fisiología de Cultivos, INIA La Estanzuela. Relaciones Agua Planta en el Sistema Suelo-Planta-Atmósfera. pp. 5.
- Sarita, V. V. 1993. Cultivo del Repollo. Fundación de Desarrollo Agropecuario. Inc. Series Cultivo. Boletín técnico No. 18 Noviembre. Santo Domingo, República Dominicana.
- Secaira. 2000. Labores culturales del cultivo de Brassicaceae. Quito, Ecuador. Primer seminario Internacional de Brassicaceae. Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropriada (FEDETA). pp. 70.
- Suquilanda, M. 2006. Agricultura orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. Quito, Ecuador. Fundación para el Desarrollo Agropecuario. pp. 654.
- UNA (Universidad Nacional Agraria). 2000. Manejo del cultivo del repollo con énfasis en Manejo Integrado de Plagas. Proyecto MIP/CATIE/Nicaragua. Escuela de Sanidad Vegetal. pp. 6-8.
- Valadez, L.A. 1998. Producción de hortalizas. 7^{ma} reimpresión. México, UTEHA. pp. 67-68.
- Valdez, L.A. 2000. Producción de hortalizas Ed. Limusa. México, D.F.
- Vilalta, J. y Piñol, J. 2003. Limitaciones hidráulicas al aporte de agua a las hojas y resistencia a la sequía. Ecosistemas. CREA-F-UAB. Facultad de Ciéncies, Universitat Autònoma de Barcelona. No 1. Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/investigacion1.htm>).

APENDICE

Apéndice 1.- Análisis de varianza para fotosíntesis.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F	Significativo
Modelo	6	38.73311667	6.45551944	3.86	0.0799	NS
Error	5	8.35917500	1.67183500			
Total corregido	11	47.09229167				
C. V.	5.517562					

Apéndice 2.- Análisis de varianza para conductancia estomática.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F	Significativo
Modelo	6	14663.10877	2443.85146	5.43	0.0416	NS
Error	5	2248.91090	449.78218			
Total corregido	11	16912.01967				
C. V.	10.67861					

Apéndice 3.- Análisis de varianza para transpiración.

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Pr > F	Significativo
Modelo	6	3.95010000	0.65835000	16.47	0.0037	*
Error	5	0.19986667	0.03997333			
Total corregido	11	4.14996667				
C. V.	4.373314					