

Asignatura del Programa del Diploma en la que se ha inscrito la monografía: BIOLOGÍA ✓

(En el caso de una monografía en lenguas, señale si se trata del Grupo 1 o el Grupo 2.)

Título de la monografía: COMO AFECTA LA LLUVIA ÁCIDA SOBRE
LA GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE LA ESPINACA (*Spinacia*
oleracea) POR MEDIO DE RIEGO DE AGUA LLUVIA
DE DIFERENTES LOCALIDADES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Declaración del alumno

La monografía no se evaluará si la declaración no está firmada por el alumno.

Confirmando que soy el autor de este trabajo y que no he recibido más ayuda que la permitida por el Bachillerato Internacional.

He citado debidamente las palabras, ideas o gráficos de otra persona, se hayan expresado estos de forma escrita, oral o visual.

Sé que el máximo de palabras permitido para las monografías es 4.000, y que a los examinadores no se les pide que lean monografías que superen este límite.

Esta es la versión final de mi monografía.

Firma del alumno: _____ Fecha: Febrero 2009

Para uso exclusivo de la oficina del IB en Cardiff: A: 40/8 B: _____

Informe del supervisor

Los supervisores deben llenar esta página y luego entregar esta portada junto con la versión final de la monografía al coordinador del Programa del Diploma del IB. Si el supervisor no firma este informe, la monografía no se evaluará y puede que sea devuelta al colegio.

Nombre y apellido(s) del supervisor [MAYÚSCULAS]: _____

Comentarios

Si lo considera adecuado, escriba algunos comentarios sobre el contexto en que el alumno desarrolló la investigación, las dificultades que encontró y cómo las ha superado (ver página 13 de la guía para la monografía). La entrevista final con el alumno puede ofrecer información útil. Estos comentarios pueden ayudar al examinador a conceder un nivel de logro para el criterio K (valoración global). No escriba comentarios sobre circunstancias adversas personales que puedan haber afectado al alumno. En el caso en que el número de horas dedicadas a la discusión de la monografía con el alumno sea cero, debe explicarse este hecho indicando cómo se ha podido garantizar la autoría original del alumno. Puede adjuntar una hoja adicional si necesita más espacio para escribir sus comentarios.

El estudiante trabajó apropiadamente, solucionó algunos problemas en la toma de muestras y la metodología y solucionó redefiniendo su problema de investigación.

Se aprecia iniciativa intelectual en la formulación pero falta enfoque original para probar sus hipótesis.

Resalta la perplejidad del estudiante en su trabajo



He leído la versión final de la monografía, la cual será entregada al examinador.

A mi leal saber y entender, la monografía es el trabajo auténtico del alumno.

He dedicado horas a discutir con el alumno su progreso en la realización de la monografía.

Firma del supervisor: _____

Fecha: 13 Febrero de 2009



Formulario de evaluación (para uso exclusivo del examinador)

Número de convocatoria del alumno	0	0	
-----------------------------------	---	---	--

Criterios de evaluación		Nivel de logro		
		Primer examinador	Máximo	Segundo examinador
A	Formulación del problema de investigación	2 /	2	<input type="checkbox"/>
B	Introducción	2 /	2	<input type="checkbox"/>
C	Investigación	3 /	4	<input type="checkbox"/>
D	Conocimiento y comprensión del tema	2 /	4	<input type="checkbox"/>
E	Argumento razonado	3 /	4	<input type="checkbox"/>
F	Aplicación de habilidades de análisis y evaluación apropiadas para la asignatura	2 /	4	<input type="checkbox"/>
G	Uso de un lenguaje apropiado para la asignatura	3 /	4	<input type="checkbox"/>
H	Conclusión	1 /	2	<input type="checkbox"/>
I	Presentación formal	4 /	4	<input type="checkbox"/>
J	Resumen	1 /	2	<input type="checkbox"/>
K	Valoración global	3 /	4	<input type="checkbox"/>
Total (máximo 36)		26 ✓		<input type="checkbox"/>

Nombre y apellido(s) del primer examinador: _____ Número de examinador: _____
 [MAYÚSCULAS]

Nombre y apellido(s) del Segundo examinador: _____ Número de examinador: _____
 [MAYÚSCULAS]

COMO EFECTA LA LLUVIA ÁCIDA SOBRE LA GERMINACIÓN Y DESARROLLO
DE LA ESPINACA (*Spinacia oleracea*) POR MEDIO DE RIEGO DE AGUA LLUVIA
DE DIFERENTES LOCALIDADES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

NOMBRE:

CÓDIGO:

DIRECTOR:

ASIGNATURA:
BIOLOGÍA

FECHA:
16 DE FEBRERO DE 2009

Comentarios:

- A - La pregunta está enfocada, clara, factible.
- B - Buen logro del contexto y la importancia.
- C - Un rango bueno de información y datos recogidos.
Una planificación satisfactoria.
- D - Un conocimiento adecuado y algo de comprensión.
pero faltó más profundidad y contenido académico.
- E - Buena comunicación con el uso bueno de la terminología apropiada.
- F - Ideas presentadas en una manera y lógica y coherente con un buen argumento razonado. (en caso de todo el ensayo).
- G - Hay alguna aplicación de habilidades analíticas y evaluativas, pero incompleto. No explicó sus datos estadísticos.
- H - La conclusión faltó nuevas preguntas.
- I - Todos los detalles de la presentación formal se cumplieron muy bien.
(a pesar de faltar 1 referencia p.6).
- J - Faltan detalles del alcance y conclusión, pero sí están presentes.
- K - El trabajo es sí y los comentarios del profesor muestran evidencias claras de sinceridad y buena comprensión.

Resumen:

La espinaca (*Spinacia oleracea*) es un alimento que se cultiva en las zonas rurales de la ciudad de Bogotá, el cual tiene un alto valor nutricional y que es utilizado bastante en la alimentación diaria de esta ciudad. Siendo un alimento tan importante, es significativo saber como la lluvia de diferentes localidades de la ciudad de Bogotá afecta este vegetal.

Esta monografía busco hacer un estudio de los efectos que tiene la lluvia de localidades de Bogotá sobre la germinación, crecimiento y desarrollo de espinaca. Para este estudio se tuvo en cuenta los diferentes factores ambientales como los es la dispersión de aire, la lluvia ácida y el lugar de cultivo, los cuales influyen mucho a la hora de observar la contaminación en Bogotá. Los experimentos y el análisis se hicieron basados en conocimientos biológicos acerca de la patología, fisiología vegetal y los efectos de la lluvia ácida sobre cultivos.

Los resultados fueron muy precisos, aunque algunos fueron inesperados, y el análisis que se hizo terminó por demostrar y se pudo concluir que las muestras de agua de tres localidades de Bogotá (Suba, Usaquén y Puente Aranda) si produce efectos sobre la espinaca, los cuales eran principalmente marchitamiento, clorosis y poco crecimiento. Los resultados se pudieron obtener gracias a un grupo control de pH 7, el cual era el comparativo para las otras muestras que se recolectaron.

Aunque se obtuvieron algunos errores, la conclusión fue la necesaria y se abrió un campo para futuras investigaciones. La monografía fue efectiva en la medida que informa al lector como la contaminación en la atmosfera afecta las plantas, en este caso la espinaca y que efectos produce sobre esta.

Numero de palabras: 279.

*Faltan detalles
del alcance y
conclusión, pero
están presentes*

INDICE:

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DESARROLLO.....	3
2.1. La Espinaca.....	3
2.2. Lluvia ácida.....	4
3. METODOLOGÍA.....	8
3.1. Materiales.....	8
3.2. Procedimiento.....	8
3.2.1. Parte 1. Recolección y medición de pH de las muestras de agua.....	8
3.2.2. Parte 2. Germinación de las semillas de espinaca.....	9
3.2.3. Parte 3. Desarrollo de la espinaca.....	9
4. RESULTADOS.....	10
4.1. Gráfica 1. Velocidad de crecimiento.....	12
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	14
6. CONCLUSIÓN.....	16
6.1. Evaluación y Futuras Investigaciones.....	17
7. BIBLIOGRAFÍA.....	18
8. ANEXOS.....	19

1. Introducción:

La espinaca es un alimento de suma importancia en las áreas rurales de la ciudad de Bogotá, puesto que es una de las hortalizas que más se cultiva, junto con otras que tiene un alto valor nutricional, debido a su elevado contenido de agua, vitaminas y minerales, la espinaca es un alimento que se consume diariamente y tiene un gran nivel de demanda en la ciudad de Bogotá. La contaminación que se ha ido generando ha hecho que haya cambios en el medioambiente de la ciudad de Bogotá, uno de esos cambios se ha dado en la lluvia, tornándola más ácida. Ésta lluvia ácida hace que las plantas tengan efectos biológicos en su germinación, crecimiento y desarrollo, estos efectos son principalmente el cambio de color, resequedad, mal crecimiento, germinación tardía y marchitez, y los factores que influyen son principalmente la lluvia ácida, la calidad del aire y el lugar de cultivo. Por esto, me he interrogado:

¿Cómo afecta el agua lluvia de 4 localidades en la ciudad de Bogotá en la germinación y desarrollo de la espinaca (*Spinacia oleracea*)?

El objetivo de esta monografía es observar, por un lado, las variaciones de pH que se presentan en el agua lluvia de diferentes localidades de Bogotá. Por otro lado y más importante, determinar como estas diferencias en el agua lluvia afecta la germinación y desarrollo de la espinaca. Un problema que se está presentando en Bogotá en los últimos años, es que ha ido disminuyendo el pH del agua lluvia a causa de la creciente contaminación, como ya se había dicho antes, permitiendo que ésta agua lluvia torne a ser más ácida, convirtiéndose en lluvia ácida. Este fenómeno de lluvia ácida afecta a plantas, animales y humanos. En el caso de las plantas como la espinaca (*Spinacia oleracea*), que es con una de las variables que vamos a trabajar, la lluvia ácida no permite su buen desarrollo y esto se debe principalmente a que la lluvia ácida cae en la tierra quitando ciertos minerales que son esenciales para el crecimiento de las plantas¹ y a raíz de esto los tejidos vegetales de las plantas también se ven afectados. Algo muy interesante de este problema que se plantea, es que se va a tratar de algo que permitirá darse cuenta como la contaminación afecta directamente las plantas de espinaca (*Spinacia*

¹ Neil A. Campbell, Jane B. Reece, Lawrence G. Mitchell. Biology. Quinta Edición. Editorial Scott Foresman-Addison Wesley. Estados Unidos. 1999. Páginas 45 y 46 (Acid precipitation threatens the fitness of the environment).

oleracea), para así ayudar a la conservación de esta planta tan importante para Bogotá.

Con el fin de observar cuales son los efectos que producirán las diferentes muestras de agua lluvia sobre la planta de espinaca (*Spinacia oleracea*), se va a tener en cuenta el pH de cada una de las muestras (si es ácida, ligeramente ácida, medianamente ácida o no ácida) y la cantidad de muestra que se le agregue a cada una de las semillas de espinaca. Estos dos aspectos se van a medir cuantitativamente usando materiales de laboratorio y con conocimientos y teorías biológicas, que nos permitirán tener una información adecuada para obtener unos resultados apropiados para el problema que se propuso.

Hay que tener en cuenta que esta monografía no busca ver el desarrollo total de la espinaca, sino observar en un plazo aproximado de 30 días, cuales son los efectos que tienen las plantas de espinaca (marchitamiento, decoloración, crecimiento, etc.) al ser regadas con el agua lluvia de la 4 localidades de Bogotá. Solo se van a tomar 30 días, porque sólo se quiere observar cómo se ven afectadas las plantas de espinaca en la germinación y en el crecimiento, y no como se ven afectadas en su desarrollo total, como ya había mencionado anteriormente.

Buen trabajo
Contrato y impo

2. Desarrollo:

2.1. *La Espinaca:*

La *Spinacia oleracea*, comúnmente llamada espinaca, como hortaliza², es una planta de hojas radicales, en roseta, con pecíolos rojizos, dioica, de semillas lisas o espinosas, según las variedades, además, es una planta anual de crecimiento rápido y se cultiva sobretodo en climas frescos, la cual es originaria de Asia menor. El cultivo se realiza por medio de semillas, lisas en este caso, y se les atribuyen diversas virtudes medicinales, debidas a su contenido en clorofila, saponina, oxalato, yodo y hierro³. Es una especie bastante exigente en cuanto a suelo y prefiere terrenos fértiles, de buena estructura física y de reacción química equilibrada, por tanto, el terreno debe ser fértil, profundo, bien drenado, de consistencia media, ligeramente suelto, rico en materia orgánica y nitrógeno, del que la espinaca es muy exigente, en suelos ácidos con pH inferior a 6,5 se desarrolla mal⁴, por lo que el pH influye mucho en la germinación y en el desarrollo de ésta.

Las enfermedades que puede presentar la espinaca según la fitopatología son: la marchitez, esta enfermedad es la pérdida de turgencia en los tejidos y es causada por cualquier patógeno o condición ambiental que impida la normal absorción de agua por las raíces; el amarillamiento clorótico o aclareo, que es cuando los tejidos presentan una coloración uniforme más claro de lo normal o amarillo, debido a la deficiente producción de clorofila; y crecimiento tardío, cuando las plantas crecen muy lento y menos de lo normal. Estas enfermedades están principalmente relacionadas con el bióxido de azufre, el cual es emitido por las fábricas que producen el H_2SO_3 , del escape de los automóviles y otras maquinas de combustión interna, es tóxico en concentraciones bajas 0.3-0.5 ppm, este produce amarillamiento a decoloración blanquecina de los tejidos internervales de las hojas. Y el bióxido de nitrógeno se produce a partir del O_2 y N_2 atmosférico que reaccionan en fuentes de combustión como hornos, escape de autos y otras maquinas de combustión interna, es tóxico a concentraciones de 2 a 3 ppm, ocasiona principalmente decoloración y bronceamientos internervales similares a

² Las hortalizas son aquellas verduras y demás plantas comestibles que se cultivan en las huertas, se consideran excelentes fuentes de minerales y vitaminas. Gran Enciclopedia Larousse. Editorial Planeta. Barcelona, España. 1991. Tomo 12. Página 5549.

³ *Ibíd.* Tomo 8, página 3954.

⁴ <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/espinaca-espinacas-espinafre.htm> (Diciembre 2008)

lo que produce el SO_2 , además, Inhibe el crecimiento de las plantas a bajas concentraciones⁵.

2.2. Lluvia ácida:

La lluvia ácida es producida por ciertos gases contaminantes que se mezclan en la atmósfera formando lluvia ácida, tales como el CO, CO_2 , SO_2 , H_2S , NO_2 , HF, Ozono (O_3) o el peroxiacetilnitrato (PAN) pueden alterar el desarrollo normal de las plantas y vegetales a determinadas concentraciones. Estos gases inducen en las plantas reducción del crecimiento, descenso en la conductancia estomática debido al cierre de estomas, inhibición de la fotosíntesis, descenso en el contenido de azúcares en las raíces y estrés oxidativo. Un efecto de los contaminantes atmosféricos es la disminución del pH del suelo debido a la lluvia ácida, que forman los llamados suelos ácidos se con un pH de 3-4⁶.

El problema de la lluvia ácida tuvo su origen en la Revolución Industrial, y no ha dejado de agravarse desde entonces. No obstante, la gran capacidad destructiva de la lluvia ácida sólo se ha hecho evidente en las últimas décadas. Una extensa área que ha sido objeto de múltiples estudios es el norte de Europa, donde la lluvia ácida ha erosionado estructuras, ha dañado los bosques y las cosechas, ha puesto en peligro o diezmado la vida en los lagos de agua dulce. La lluvia ácida también puede afectar a los bosques y las plantas. En muchos países, los árboles están perdiendo sus hojas y las plantas tienen efectos como la clorosis, marchitez entre otras. Con toda certeza, la lluvia ácida ha sido el principal causante del deterioro de los bosques y plantas. La lluvia ácida somete a los árboles y las plantas a unas condiciones de vida muy difíciles. Las plantas necesitan un suelo sano para poder vivir, pero la lluvia ácida daña el suelo, ya que altera las distintas sustancias que lo componen y modifica el delicado equilibrio vegetal. Los árboles y plantas que crecen sobre suelo ácido pierden fuerza para resistir adversidades como las heladas o la sequía. Cuando se debilitan por estos motivos, están más expuestos a los ataques de virus, hongos e insectos causantes de plagas forestales. El dióxido de azufre puede obstruir los estomas de las hojas por los que la planta toma el aire que necesita para sobrevivir.⁷

⁵ Fitopatología General. Universidad Nacional Agraria la Molina. Dpto. Académico de Etimología Fitopatología. <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~fonz/fitogen/PDF/APUNTES%20DE%20CLASES1.pdf> (Enero 2009)

⁶ J. Azcon-Bieto y M. Talon. Fisiología y bioquímica vegetal. McGraw-Hill-Interamericana. Madrid, España. 1993. Páginas 39 y 543.

⁷http://www.salonhogar.com/ciencias/contaminacion/la_lluvia_acida.htm (Enero 2009)

La lluvia es considerada como una sustancia ácida, ya que en su estado natural tiene un pH alrededor de 5,6 unidades. La acidez natural del agua lluvia se genera por el equilibrio existente con el bióxido de carbono (CO_2), formando el ácido Carbónico (H_2CO_3) ácido débil. La tabla 1. Presenta la clasificación de la lluvia de acuerdo con el pH.

Tabla1. **Clasificación del agua lluvia de acuerdo con el pH**

pH	CLASIFICACION DE LA LLUVIA
$\text{pH} > 5,6$	Lluvia no ácida
$4,7 < \text{pH} \leq 5,6$	Lluvia ligeramente ácida
$4,3 < \text{pH} \leq 4,7$	Lluvia medianamente ácida
$\text{pH} \leq 4,3$	Lluvia fuertemente ácida

Fuente: IDEAM, 2004

La lluvia aumenta su acidez cuando los óxidos de azufre y nitrógeno intervienen en la química de la atmósfera y en su equilibrio, causando que el pH de la lluvia disminuya por debajo de 5,6 unidades de pH. El pH en Bogotá presenta un comportamiento que se mantiene relativamente constante en el tiempo, fluctuando entre valores normales y de acidez de la lluvia (2001-2004); sin embargo, se puede observar una tendencia de disminución del pH en los últimos años de monitoreo⁸.

El DAMA (Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente) nos permite observar que el flujo de vientos que se observan en la ciudad de Bogotá hace que los contaminantes que se desarrollan en algunas Localidades se distribuyan a las zonas suburbanas, las cuales son zonas cultivables como lo es la localidad de Bosa (Soacha) y al norte de Suba.

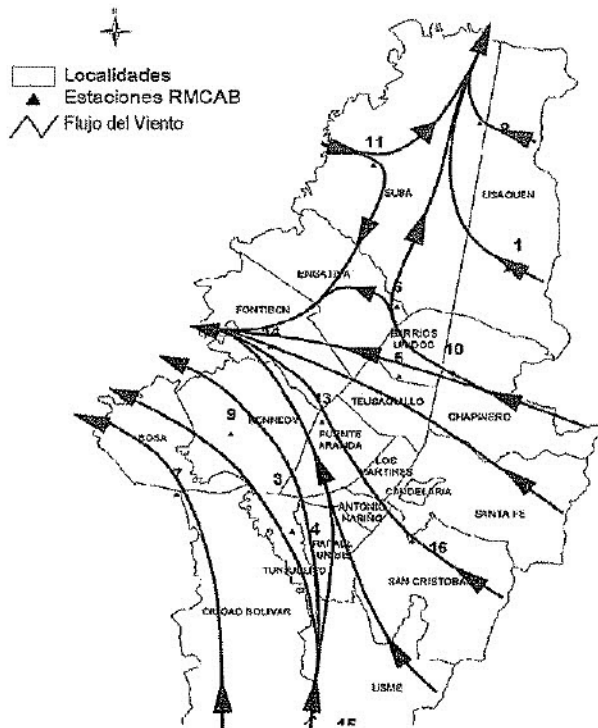
⁸ www.ideam.gov.co/infoanual/PDFSeccionados/CalidaAireCapitulo5.pdf (Diciembre 2008)



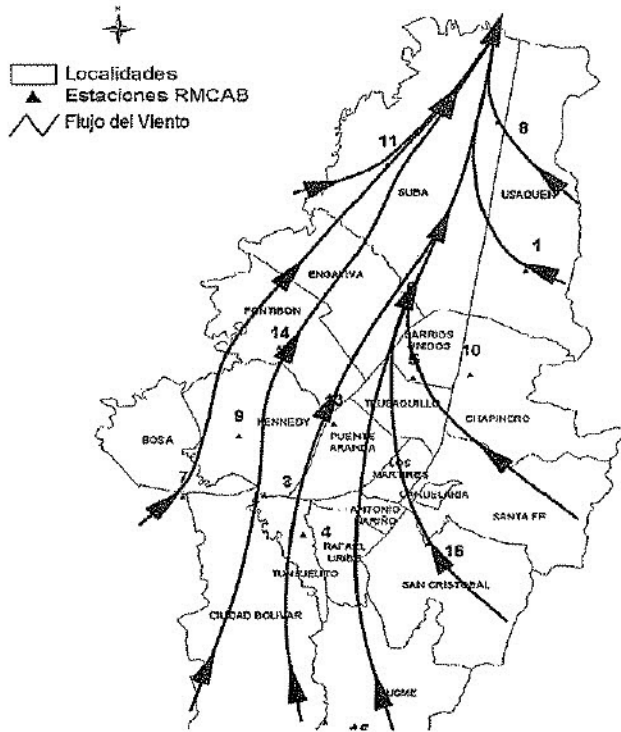
Figura 1. Mapa de Bogotá dónde se señalan (estrellas rojas) las localidades donde se recolectaron las muestras. (ref)

Las estrellas rojas indican las localidades que fueron utilizadas para recoger cada uno de las muestras de agua. Se utilizaron estos lugares puesto que según el DAMA el viento es un factor muy importante a la hora de observar la contaminación en la atmósfera de Bogotá, puesto como ya había dicho antes, el viento se desplaza a las zonas suburbanas donde se cultivan hortalizas como la espinaca, como lo es Bosa y Suba. Usaquén se tomó también puesto que se ubica a los cerros de Bogotá donde hay una basta extensión de bosque y es posible también que sea utilizada para cultivo de espinaca. Puente Aranda se tomó puesto que es uno de los lugares donde se desarrolla mucha contaminación, debido a que en esa zona se encuentra parte de la industrialización y es donde se producen los mayores contaminantes de Bogotá.

El mapa a continuación presenta como el viento se desplaza hacia las zonas suburbanas de Bogotá, se muestra la forma de dispersión de la contaminación hacia espacios suburbanos y rurales las cuales se utilizan para el cultivo y se ven afectadas por este fenómeno, ya que los contaminantes llegan a estas zonas.



Viento Resultante en las horas de la mañana
 Año 2007 - Elaborado por la RED DE AIRE



Viento Resultante en las horas de la tarde

Año 2007 - Elaborado por la RED DE AIRE

Fuente: DAMA (Informe anual de calidad del aire en Bogotá, 2007)

3. Metodología:

3.1. Materiales:

1. Semillas certificadas de espinaca (*Spinacia oleracea*)
2. Muestras de agua de las localidades de Bogotá
3. 4 Embudos de 25cm de diámetro para recolectar agua
4. 4 Recipientes de 5 galones para recolectar agua
5. pH meter (± 0.01)
6. 5 Bandejas (semilleros)
7. Algodón
8. Papel absorbente
9. 1 Pipeta de 10ml (± 0.1 ml)
10. 1 Calibrador (± 0.01 cm)

3.2. Procedimiento:

3.2.1. Parte 1. Recolección y medición de pH de las muestras de agua.

1. Poner en las 4 localidades de Bogotá escogidas, los recipientes de 5 galones y los embudos de 25cm de diámetro para poder recolectar las muestras de agua. Poner el embudo y la abertura del recipiente (**Anexo, Diagrama 3**). Dejar recolectar el agua aproximadamente por 2 o 3 semanas, hasta tener una cantidad apropiada de agua para poder llevar a cabo la práctica (El tiempo para la recolecta de las muestras, fue calculado según las imagen de precipitación de lluvia en Bogotá en el 2007 del DAMA. **Anexo, diagrama 1**).
2. Con un medidor de pH (pH meter), medir el pH de cada una de las muestras recolectadas de las diferentes localidades. Para esto, hay que poner en 4 beakers las 4 muestras de agua de las localidades que se escogieron. Insertar el medidor de pH en cada una de las muestras y observar que cantidad de pH tiene cada una de ellas.

NOTA: La medición del pH no fue tomada diariamente durante la recolecta, sino que ya al tener todas las muestras, se tomo una sola medición del pH, es decir, una medición promedio de cada uno de los lugares, lo que puede producir error en la práctica.

3.2.2. Parte 2. Germinación de las semillas de espinaca.

En esta parte del experimento se quiere medir el número de días en que el tegumento de cada semilla se rompa y como este rompimiento se ve afectado por cada una de las muestras de agua.

3. En una ranura del semillero poner papel absorbente y algodón para mantener la humedad de las semillas.
4. Por cada muestra hacer 5 grupos de cuatro semillas. A cada grupo agrega con la pipeta 2ml de muestra todos los días.
5. Observar a que día el tegumento de la semilla se rompe y se si ve afectado por las muestras de agua de las localidades de Bogotá. Comparar los resultados con el grupo control (agua manantial, pH 7).

(Anexo, diagrama 4)

3.2.3. Parte 3. Desarrollo de la espinaca.

Vamos a observar la germinación de 24 semillas por cada muestra de agua.

6. Llenar los semilleros con tierra y en cada una de las ranuras poner una semilla a 2 cm bajo tierra.
7. Marcar cada semillero con el número de muestra, el pH y la localidad de la muestra, con el objetivo de poder diferenciar cada semillero.
8. Agregar cada tercer día, por medio de una pipeta, 2ml de muestra a cada uno de las ranuras de cada semillero. Hay un grupo control que es de pH 7 a partir de esta muestra se van a diferenciar con las demás.
9. Observar que cambios se producen en las plantas de cada una de las muestras (color, medida, marchites). Para el color y la medida, se van a determinar los cambios, comparándolos con el grupo control de agua manantial de pH 7 y la marchites, se va a determinar según el número de plantas que se marchiten.
10. Medir cada tercer día la longitud del tallo (milímetros) para poder realizar una gráfica de velocidad de crecimiento.
11. Anote los resultados observados en el transcurso de 30 días.

(Anexo, diagrama 5)

4. Resultados:

Tabla 2. Germinación de las semillas

Muestra	Lugar de recolección (Localidad)	# de semillas plantadas	# de semillas que germinaron	Rompimiento del tegumento (Días)	pH ± 0.01
1	Suba	20	16	4 a 5	5.12
2	Usaquén	20	17	4	5.39
3	Bosa	20	18	3 a 4	5.8
4	Puente Aranda	20	17	3 a 4	3.3
5	Grupo control (Agua manantial)	20	19	3	7.0

Observaciones:

En esta tabla se muestra como el agua de las muestras afecta a la germinación de las semillas. Lo que se tomo para poder realizar esta parte, fue el rompimiento del tegumento de la semilla. Se puede observar que hay una pequeña variación entre muestras puesto que unas semillas germinaron primero que otras y la variación es de uno a dos días. Se puede observar también, que el número de semillas que germinaron de la muestra 1, 2, 3, 4 y 5 fueron 80%, 85%, 90%, 85% y 95% respectivamente. Por tanto se puede decir que la lluvia ácida si afecta a la germinación, ya que el rompimiento del tegumento se ve aplazado uno o dos días a comparación de el grupo control.

Tabla 3. Resultados de las muestras de agua

Muestra	Lugar de recolección (Localidad)	pH ± 0.01	Clasificación
1	Suba	5.12	Ligeramente ácida
2	Usaquén	5.39	Ligeramente ácida
3	Bosa	5.8	No ácida
4	Puente Aranda	3.3	Fuertemente ácida
5	Grupo control (Agua manantial)	7.0	No ácida

Observaciones:

Esta tabla muestra donde se recolecto cada muestra (Localidades) y su pH respectivo Cabe decir que la clasificación fue relacionada según la tabla1, lo que indica que en gran parte de las zonas donde se recolectaron las muestras hay lluvia ácida, pero que no son tan ácidas, en el caso de una sola muestra (Puente Aranda) que presenta un alto pH y eso se debe como ya se sabe a su alta contaminación, por la industrialización que se presenta ahí, la cual sería categorizado como lluvia muy ácida.

Promedios de?
Tabla 5. Longitud del tallo cada tercer día *datos en op*

Día	Longitud Tallo en Suba ($\pm 0.1\text{mm}$)	Longitud Tallo en Usaquén ($\pm 0.1\text{mm}$)	Longitud Tallo en Bosa ($\pm 0.1\text{mm}$)	Longitud Tallo en Puente Aranda ($\pm 0.1\text{mm}$)	Longitud Tallo del grupo control ($\pm 0.1\text{mm}$)
1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
5	0	0	2.8	2.9	3.1
7	2.7	3.1	4.5	4.3	5.5
9	5.2	5.7	7.7	7.5	8.1
11	9.1	9.7	10.5	10.4	11.3
13	12.9	13.5	13.8	13.6	14.9
15	17.8	18.9	19.5	19.7	21.3
17	24.2	25.5	26.3	26.9	28.5
19	29.9	31.3	33.4	34.1	35.9
21	35.6	37.6	39.8	41.6	43.2
23	42.3	44.1	45.5	48.8	49.5
25	47.5	49.9	51.1	55.2	56.1
27	52.9	55.4	58.4	61.3	63.5
29	57.1	60.2	65.7	67.5	70.3
31	60.8	66.5	71.2	73.7	78.1

Observaciones:

Esta tabla muestra principalmente el crecimiento promedio de todas las plantas de espinaca que germinaron de cada muestra de agua, las cuales fueron tomadas cada tercer día, para poder observar como las muestras afectaban el crecimiento de las plantas de espinaca.

Gráfica 1. Velocidad de crecimiento.

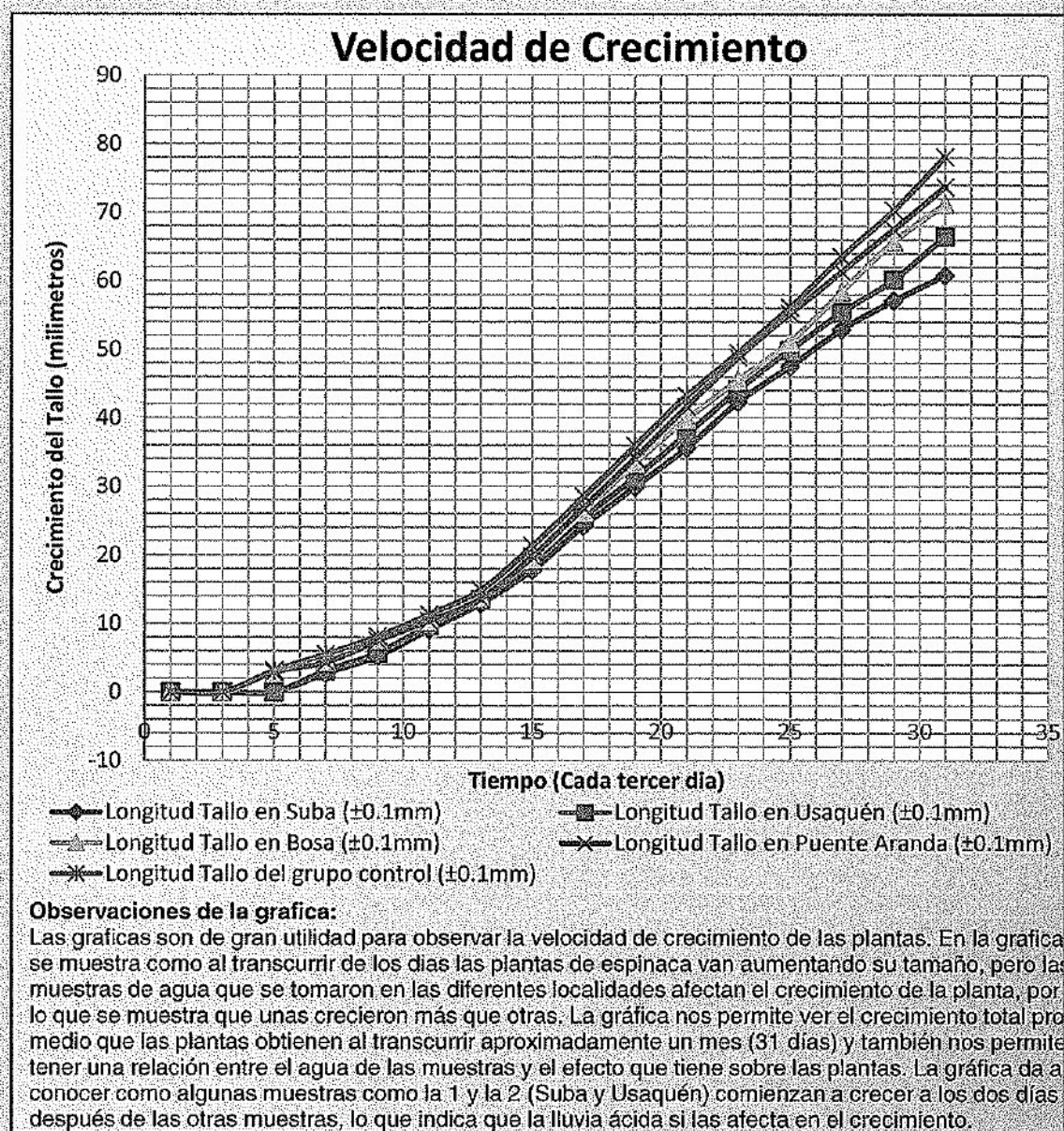


Tabla 4. Resultados finales del crecimiento de las plantas

Muestra	Germinación de semillas	Longitud final ± 0.01 cm	Color Inicial	Color final	N° de plantas marchitas
1	22	6.08	Verde Intenso	Verde-amarillo	5
2	22	6.65	Verde Intenso	Verde-amarillo	5
3	23	7.12	Verde Intenso	Verde	4
4	23	7.37	Verde Intenso	Amarillo	8
5	22	7.81	Verde Intenso	Verde	3

Nota: La tabla muestra los valores promedio de la longitud de las plantas por las semillas que germinaron.

Observaciones:

Se pudo ver claramente que el método utilizado fue el adecuado, ya que permitió observar cómo afecta el crecimiento, la coloración y el marchitamiento (**Anexo diagrama 6**) de las plantas, algunas de las muestras de agua lluvia que se recolectaron de las diferentes localidades de Bogotá. En el experimento se utilizaron para cada muestra 24 semillas, de las cuales el promedio de la longitud final, después de un mes, se sacaba sumando todas las longitudes finales de las plantas que crecieron divididas el número de semillas que germinaron. Hay que tener en cuenta también que, cada plantita era regada cada tercer día con 2ml de la muestra. Se puede decir que se tuvieron algunos inconvenientes y pudo producir un poco de error, puesto que algunos días no se le hizo los 2ml de agua y las plantas no se pudieron regar. Igualmente se logró que estas crecieran para poder observar los efectos que las diferentes aguas tenían sobre estas.

5. Análisis de resultados:

Germinación de la espinaca: La germinación como se pudo observar, se vio un poco afectada por las muestras de agua de las diferentes localidades. Algunas muestras de agua hicieron que las semillas retardaran el rompimiento del tegumento, las cuales eran ligeramente ácidas (Suba y Usaqué). Pero algo aún más impresionante es que la muestra con la acidez más fuerte (Puente Aranda) no afectó a las semillas e hizo que estas rompieran el tegumento al tercer día, esto se debe principalmente a que el alto contenido de ácido de esa muestra, debilita el tegumento de la semilla más rápidamente, permitiendo que esta se rompa mucho más rápido. Las diferencias en el rompimiento del tegumento eran de uno a dos días lo que indica que las lluvias ligeramente ácidas y las fuertemente ácidas afectan en la germinación de la espinaca.

Desarrollo de la espinaca: El desarrollo de la espinaca fue algo que me sorprendió, ya que en la germinación si se vio efecto del agua lluvia de las diferentes localidades pero no mucho, en el desarrollo si hubieron muchos efectos. Los principales fueron que la planta tubo un cambio de color de verde a amarillo lo que indica que hubo clorosis, lo cual, según la fitopatología general, es una enfermedad que es causada principalmente por la lluvia ácida y esto se debe a que en la planta no hay fotosíntesis y no se produce clorofila, la clorosis se vio en su totalidad en casi todas las plantas de la muestra 1, 2 y 4 las cuales eran las muestras más ácidas y en estas la clorosis estaba entre un 80 a 90% de las plantas, este efecto se puede ver claramente en el anexo, el diagrama 6 (a) donde se puede ver que las hojas de las plantas están totalmente amarillas. Otro efecto que se dio fue la marchitez, donde en las muestras más ácidas fue la mayor marchitez y como ya se había dicho antes se sabe que la marchitez es cuando los tejidos pierden turgencia, en las muestras más ácidas como fue la de Suba, Usaqué y Puente Aranda se observa que la comparación de plantas marchitas con el grupo control es de 1.67, 1.67 y 2.67 veces mayor, sucesivamente. Este efecto se observa en el anexo, diagrama 6 (b), donde se muestra como las plantas pierden totalmente la estabilidad en tal punto que no se pueden sostener, colapsan y se secan. Por último, también se vio afectado el crecimiento, ya que el crecimiento promedio plantas de unas muestras crecieron más que las de otras muestras y esto se ve reflejado en la gráfica de velocidad de crecimiento, donde se puede observar que las plantas de cada una de las muestras de agua comparadas con las plantas de grupo control, todas son de menor tamaño. Lo que

indica que parte de las muestras que se recolectaron, si son lluvia ácida y afectan a la espinaca.

Tabla 6. Estadísticas de la longitud final

Muestra	1	2	3	4	5
Recuento	22	22	23	23	22
Media	6,07863636	6,65181818	7,12304348	7,37173913	7,838636
Desviación Típica	1,40699712	1,63413188	1,54954666	1,78986453	1,763258
Error Estándar (de la Media)	0,29997279	0,34839809	0,32310281	0,37321255	0,375927
Mínimo	2,84	1,6	3,14	4,11	5,02
Máximo	7,98	9,76	9,61	10,51	11,5
Rango	5,14	8,16	6,47	6,4	6,48

Esta tabla muestra un tratamiento estadístico de las longitudes promedio finales de las muestras, para mostrar los valores promedios de crecimiento y la desviación estándar del crecimiento de estas poblaciones de plantas, además, mostrar el error estándar el cual varía en las muestras desde 0,29 a 0,38 aproximadamente, lo cual es muy poco a la hora de la verdad. Se observa también que los crecimientos de las plantas están todos dentro de la desviación estándar, excepto una planta de la muestra 2 (Usaquén), ya que todas están por encima de la desviación típica. La tabla muestra por medio de las medias que las muestras se afectaron el desarrollo de las plantas, ya que crecieron menos que las del grupo control.

Falta interpretada

6. Conclusión:

Gran parte de las localidades de Bogotá, donde se recolectaron las muestras, se pudo observar que se produce lluvia ácida. Esta lluvia ácida es generada principalmente por los contaminantes que se producen en el centro del país, como por ejemplo en la localidad Puente Aranda, donde un factor, el cual se tuvo en cuenta durante toda la práctica, como lo es la calidad del aire hace que toda esa contaminación que se produce en las localidades industrializadas, se dispersa hacia las zonas suburbanas donde se cultiva la espinaca (*Spinacia oleracea*) como la localidad de Suba y Bosa. Se pudo observar que las localidades más afectadas por este fenómeno fueron Suba y Usaquén, ya que ahí se registra una lluvia ligeramente ácida de 5.12 y 5.39 respectivamente. Pero por otro lado, Bosa siendo una localidad suburbana no se vio tan afectada y su lluvia es no ácida con un pH de 5.8. Las muestras de agua recolectadas de las diferentes localidades afectan la velocidad de crecimiento y desarrollo de la espinaca (*Spinacia oleracea*) entre un 5% a un 25%, siendo el 25% por la lluvia ácida de la localidad de Suba. La marchitez en las plantas de las muestras comparado con el grupo control está entre 1.67 y 2.67 veces más afectadas, siendo 2.67 veces más, por la muestra de Puente Aranda. Y por último la clorosis está entre un 80% a 90% de la totalidad de las plantas comparadas con el grupo control, donde la mayor clorosis se da en la muestra de la localidad Puente Aranda.

Para terminar con esta monografía podemos concluir que las plantas de espinaca (*Spinacia oleracea*) si se ven afectadas por las muestras que se recolectaron de las localidades de Suba, Usaquén, Bosa y Puente Aranda, los cuales esos efectos fueron principalmente la clorosis, la marchitez y la velocidad de crecimiento. También, se puede decir que parte de las muestras son ácidas lo que indica que fue el principal causante de los efectos en la espinaca y entre la lluvia sea más ácida los efectos van a ser más visibles y desastrosos.

Preguntas nuevas

6.1. Evaluación y futuras investigaciones:

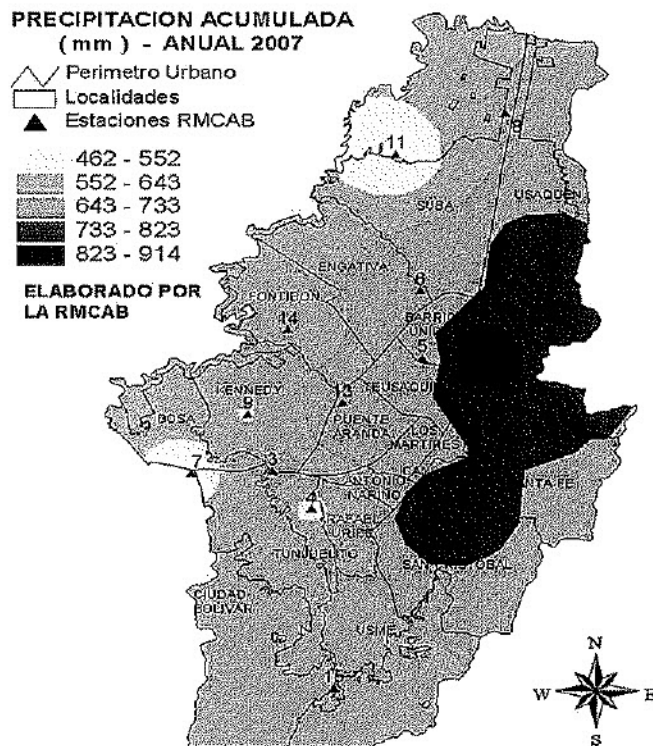
Se puede decir que la investigación fue exitosa, ya que se pudo observar como se ve afectada la espinaca en diferentes localidades de la ciudad de Bogotá y como esta contaminación se ve afectada por los factores ambientales, como la calidad del aire. Hay que tener en cuenta que hubieron errores los cuales pudieron afectar en el experimento como lo fue la medición promedio del pH de las muestras, ya que solo se midió un pH para todo lo que se recolectó de muestra y no se midió varias veces durante la recolecta para hacer un promedio después. Otro error fueron los días en que se me pasaron para regar a las plantas de espinaca, debido a que estos días donde las plantas no pudieron ser regadas ayudaron a que se produjeran los efectos en las plantas, lo que indica que los efectos no se produjeron totalmente por las muestras que se recolectaron.

Esta monografía deja el campo abierto para futuras investigaciones. Como un estudio de otras hortalizas que puedan ser afectas por la lluvia ácida o el efectos de la lluvia ácido en el desarrollo total de la espinaca (*Spinacia oleracea*) o otros factores que afectan a esta. Otra futura investigación podría ser como se puede valorar la marchitez y la clorosis con valores cuantificables.

Número de palabras: 3963.

8. Anexos:

Diagrama 1.



Fuente: DAMA (Informe anual de calidad del aire en Bogotá, 2007)

Diagrama 2. Materiales.



Diagrama 3. Recoleccion de agua.

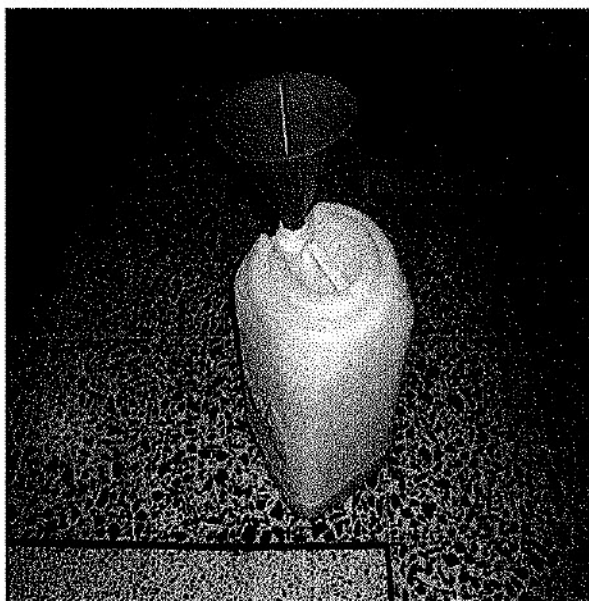


Diagrama 4. Germinación de la espinaca.

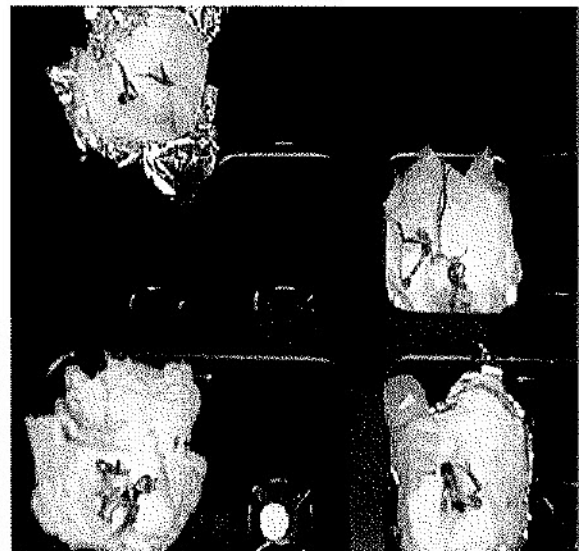


Diagrama 5. Desarrollo de la espinaca.

(a)



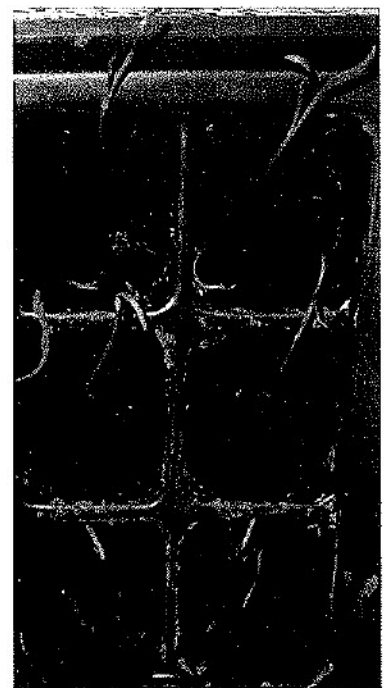
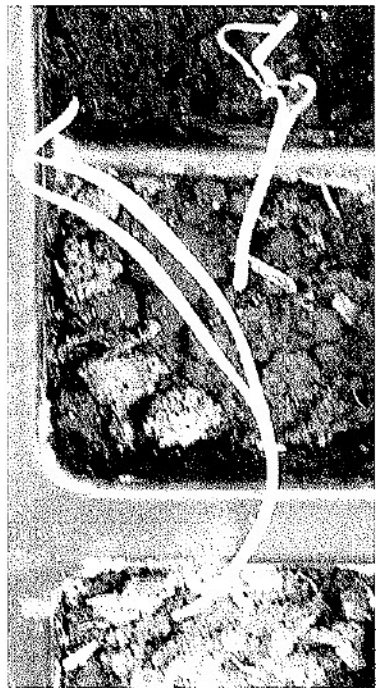
(b)



cuales muestras?

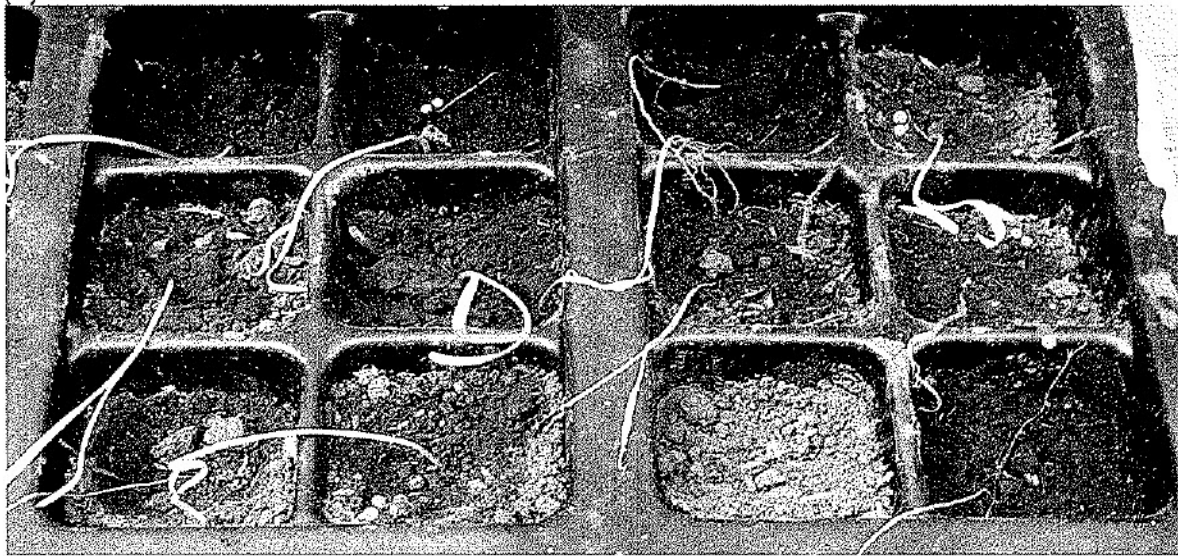
Diagrama 6. Efectos en las plantas.

(a)



En estas imágenes se presenta la clorosis que hay en las plantas, muestra el cambio de un verde intenso a un amarilla.

(b)



En esta imagen se puede observar como algunas plantas están marchitas y como otras se están marchitando.