

Convocatoria 2020

¿El uso de fertilizantes influye significativamente en el crecimiento de las plantas contrastada con el uso de agua solamente?

“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”

Contenido

Introducción: 3

Plan de trabajo: 3

 Etapa de planificación:..... 3

 Etapa de ejecución:..... 4

 Etapa de obtención de datos:..... 4

 Etapa de análisis: 4

 Etapa de conclusión:..... 4

Marco Teórico:..... 5

Recopilación de datos: 7

Procedimientos:..... 11

Conclusiones:..... 18

Puntos de mejora:..... 19

Introducción:

Este mundo y su población se mantienen cambiando y creciendo, en más de un sentido por ello muchas áreas de la producción con el paso del tiempo, siempre han estado buscando nuevas formas de incrementar la producción. Uno de los sectores más importantes y relevantes para la producción, es el sector agrícola. En este sector, es vital lograr suficientes cultivos en determinada cantidad de tiempo, para producir alimento o ropa que dependan del sector agrícola de cada país.

En todos los países se busca maximizar la producción sin afectar la calidad de los productos. Uno de los métodos más empleados es la utilización de fertilizantes en las plantas para mejorar la cantidad y la calidad de los productos, alimenticios o textiles.

Los principales cultivos en la producción guatemalteca son: el café, la caña de azúcar, el maíz, los bananos y plátanos, siendo estos los que abarcan la mayor zona cultivable del país y por ello son los productos más exportados de Guatemala.

Se tomará como sujeto de investigación la planta de maíz debido, a que es uno de los principales cultivos de la dieta básica de los guatemaltecos. Según la FAO (2015), las familias guatemaltecas consumen 110 kg de maíz al año, este dato varía según los ingresos económicos que tenga la familia.

Ya que el trabajar con plantas, es algo con lo que estoy familiarizado, he tratado de encontrar un tema a desarrollar relacionado con la agricultura y el maíz, el cual, me permita emplear la matemática en una disciplina tan diversa como lo es la agronomía.

Plan de trabajo:

Etapa de planificación:

El objetivo es, encontrar que relación existe entre el uso de los fertilizantes en los cultivos de maíz y su crecimiento en cuanto a la altura que estos alcanzan.

Como variable independiente se establece el tipo de fertilizante a usar (Un total de tres: Entec, Triple 15 y Urea) y en cuanto a la variable dependiente es la planta que se empleará, en este caso se hará uso de la planta de maíz (*Zea mays*).

Para la realización de la experimentación se tomarán un total de 72 vasos, los cuales serán divididos en 4 grupos de 18 vasos c/u. A estos vasos se les rellenara con tierra, para posteriormente colocar las semillas de maíz y esperar a que estas germinen luego de regarlas únicamente con agua. Al lograr la germinación, se procederá con los tratamientos de fertilización en 3 de los 4 grupos de semillas, ya que a uno se aplicará únicamente agua durante todo el proceso (testigo del experimento).

Se recolectarán los datos de altura que alcanzan las plantas durante 5 semanas, tomando las alturas alcanzadas al cabo de cada semana, debido a que se tomara una semana para la germinación de las plantas y las siguientes 4 semanas son suficientes para que las plantas alcancen entre 8 a 12 cm de altura, lo suficiente para establecer diferencias de altura por tratamiento empleado.

Se utilizará la herramienta electrónica hoja de cálculo de Excel para la elaboración y análisis de gráficos. Estadísticamente se realizará análisis de datos con un complemento de análisis de variancia para la investigación de la relación entre variables.

Se toman como cálculos simples dentro de este trabajo el cálculo de los promedios de la altura y la desviación estándar mientras que como cálculos complejos el análisis de variancia.

Etapa de ejecución:

Una vez las plantas han germinado al cabo de la primera semana de cinco donde únicamente se regaron con agua, se les toma el dato de cuál es la altura que han alcanzado, el instrumento de medición es una regla plástica triple decímetro. En las siguientes 4 semanas, se les aplicara a 3 grupos un tipo diferente de fertilizantes a cada uno, esto se realizará cada 2 días y el día que no se le debe aplicar simplemente se les administrara agua. En cuanto al grupo restante, a este únicamente se le aplicara agua todos los días sin excepción.

Además de los cuidados de la fertilización, se hicieron labores de limpieza y control de plagas para mantener el adecuado crecimiento de las plantas sin efecto de los efectos adversos para que el crecimiento reflejara únicamente el efecto del fertilizante aplicado como tratamiento en cada grupo de plantas.

Etapa de obtención de datos:

Durante estas 4 semanas posteriores, la medición de la altura se realizará cada 7 días luego de la primera toma de datos. Como se mencionó anteriormente para la toma de datos se utilizará una regla de plástico triple decímetro con un margen de error de +/- 0.1 cm.

Para la distancia tomada como la altura de la planta, es desde el nivel del sustrato hasta donde las hojas comienzan a brotar (Ápice). Estas mediciones se realizarán a la misma hora del día en cada ocasión que se realice la toma de datos.

La toma de datos en el lugar donde se coloca el experimento se anota a mano con un lápiz de carbón en una hoja de papel, luego estos datos se almacenarán en una tabla de datos realizada en Microsoft Excel para sus futuros cálculos matemáticos.

Etapa de análisis:

En esta etapa de análisis se toman en cuenta los datos registrados en dicha tabla de Excel, con los que se ordenaron y se hicieron los cálculos respectivos para determinar: el promedio, la desviación típica, error porcentual y finalmente elaborar un análisis de variancia para establecer diferencias estadísticamente significativas (El nivel de significancia establecido es $\alpha = 0.05$) entre los promedios de las alturas (Medidas en cm) alcanzadas por las plantas de maíz sometidas a los diferentes tratamientos con fertilizantes.

Etapa de conclusión:

Luego de analizar los resultados obtenidos de los procesos estadísticos en la etapa anterior, se pueden establecer relaciones que nos permitan concluir y responder a la hipótesis con el respaldo y confiabilidad que nos permiten los márgenes estadísticos establecidos.

Marco Teórico:

Es necesario mencionar algunos conocimientos previos para facilitar el entendimiento de la investigación y sus procedimientos, gráficas realizadas y resultados tanto matemáticos como estadísticos. A continuación, se presenta un breve glosario de términos a emplear en esta investigación.

- **Hipótesis:** El uso de fertilizantes en una planta aumenta significativamente la altura que esta alcanza con respecto a un crecimiento estándar de regado únicamente con agua.
- **Variable dependiente:** La planta que se utilizará, en este caso como se mencionó con anterioridad es el maíz (*Zea mays*).
- **Variable independiente:** El tipo de fertilizante que se emplee para nutrir a la planta.
- **Tamaño de la muestra:** 4 grupos conformados por 18 plantas de maíz c/u para un total de 72 plantas. Obteniendo una plantación que brindara múltiples datos tajantes y por lo cual se debería obtener un resultado más certero.
- **Media aritmética:** es la medida de tendencia central que se calcula al sumar los valores y dividir el total entre el número de valores.¹

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

- **Desviación típica:** Es la medida de variación de los valores con respecto a la media.¹

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

- **Diagrama de tendencia lineal:** Este tipo de gráfico se compone de una serie de datos representados por puntos, unidos por segmentos lineales. Este tipo de diagrama se suele utilizar con variables cuantitativas, para ver su comportamiento en el transcurso del tiempo establecido².
- **Cultivo:** Es la acción de sembrar, para desarrollar plantas de una especie determinada. Con el fin de generar una producción agrícola.

¹ Triola, Mario F. Estadística 2009 México Pearson Educación

² Universo Formulas. 2020. Gráfico Lineal. [online] Available at:

<[5](https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/grafico-lineal/#:~:text=El%20gr%C3%A1fico%20lineal%20(gr%C3%A1fico%20de,de%20tendencia%20de%20los%20datos.&text=A%20cada%20per%C3%ADodo%20de%20tiempo,el%20valor%20de%20su%20frecuencia.> [Accessed 19 August 2020].</p></div><div data-bbox=)

- **Altura de una planta:** Se mide la distancia entre el límite de los tejidos fotosintéticos de la planta y el nivel del sustrato.
- **Sustrato:** En la biología, el sustrato es la superficie en la cual vive un animal o una planta, que está formada tanto por factores bióticos como abióticos³.
- **Fertilizante:** son sustancias cargadas de nutrientes cuya finalidad es mejorar las propiedades del suelo para que exista un mejor desarrollo del cultivo.
 - **Urea:** Es el fertilizante nitrogenado de mayor uso en el mundo entero. Por su alto contenido en nitrógeno ayuda al crecimiento y nutrición de las plantas, a nivel mundial se utiliza en la producción de: arroz, maíz, trigo, caña de azúcar, papa, frutales y Hortalizas⁴.
 - **Triple 15:** Es un fertilizante de los llamados abonos compuestos en la técnica de fertilización de darle a la planta la mayor cantidad de nutrientes en una sola aplicación de manera balanceada. Esta formulado con N-P-K-Mg-S. Según las necesidades nutricionales de cada cultivo, donde se aplicará⁵.
 - **Entec:** Es un abono mineral estabilizado para una óptima eficiencia nitrogenada, lo cual retrasa la transformación del nitrógeno amoniacal en nitrato. Provocando una mejor adaptación de la liberación del nitrógeno a las necesidades de la planta⁶.
- **ANOVA:** Es la técnica de análisis de varianza desarrollada por Fisher en 1930, se trata de una herramienta para el estudio del efecto que tiene uno o varios factores sobre la medida de una variable⁷.

³ 2020. [online] Available at: <<https://definicion.de/sustrato/>> [Accessed 19 August 2020].

⁴ User, S., 2020. ¿Qué Es La Urea?. [online] Ypfb.gob.bo. Available at: <<https://www.ypfb.gob.bo/comercializacion/index.php/que-es-la-urea>> [Accessed 19 August 2020].

⁵ Jaramillo, W., 2020. Fertisa Fertilizantes - Abonos Compuestos 15 - 15 - 15. [online] Fertisa.com. Available at: <<https://www.fertisa.com/producto.php?id=10>> [Accessed 19 August 2020].

⁶ EuroChem Agro. 2020. ENTEC® - Eurochem Agro. [online] Available at: <https://es.eurochemagro.com/productos/entec/?utm_source=AGRICULTURA&utm_medium=ONLINE&utm_campaign=BANNER&utm_term=2018&utm_content=ENTEC%20CEREAL> [Accessed 19 August 2020].

⁷ j.amatrodriago@gmail.com, J., 2020. ANOVA Análisis De Varianza Para Comparar Múltiples Medias. [online] Cienciadedatos.net. Available at: <https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova> [Accessed 19 August 2020].

Recopilación de datos:

A continuación, se describirá como se realizó la obtención de los datos para esta investigación. Cabe mencionar que la recolección de los datos tomo 5 semanas para llevarse a cabo.

En primer lugar, se plantaron 2 semillas de maíz en 72 vasos de poliestireno expandido rellenos de sustrato a los cuales se les hicieron 3 agujeros en la base para el correcto drenaje del exceso de agua o sustancia que se le aplique ya que, así como la falta de hidratación las marchita también el exceso de líquido pudre la planta.

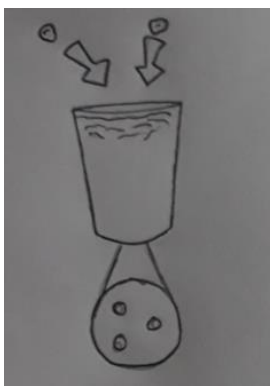


Imagen 1: Imagen donde se representa la colocación de las semillas en un vaso relleno con sustrato y con sus tres agujeros (Elaboración propia).

Luego de plantar las semillas, la primera semana, se utilizó agua, para el riego de las semillas de maíz y así germinen. Al final de esta semana, se observa si ambas semillas germinaron, de ser así, se retira una de las dos semillas germinadas, que se plantaron en cada vaso, extrayendo la de menos desarrollo entre las dos.



Imagen 2: Imagen donde se representa el regado de las plantas únicamente con agua (Elaboración propia).



Imagen 3: Imagen donde se representa el retiro de la semilla menos desarrollada (Elaboración propia).

Como tercero, luego de extraer la semilla menos desarrollada de las dos, los vasos se dividen en 4 grupos conformados por 18 vasos cada uno y a 3 de estos se les asigna un fertilizante para aplicar y al restante se le sigue aplicando únicamente agua sin ningún complemento adicional. Por último, al cabo de esta semana, se le toma la altura inicial que tiene cada planta desde el sustrato hasta donde las hojas comienzan a brotar (Ápice).



Imagen 4: Imagen donde se la medición de la altura de las plantas desde el sustrato hasta el ápice (Elaboración propia).

Tabla 1: Altura inicial de las plantas tomada en cm, de cada grupo. (semana 1)

No. De planta	Semana: 1			
	tratamientos evaluados			
	Triple 15	Entec	Urea	Agua
1	2.5	2.5	1.5	3.0
2	2.5	1.5	2.5	2.2
3	2.2	2.8	2.5	2.4
4	2.1	1.5	1.5	2.5
5	1.5	1.5	2.5	2.3
6	2.0	2.5	1.5	2.6
7	2.3	2.5	2.2	3.3
8	2.8	1.9	1.7	2.6
9	2.9	2.0	3.0	2.2
10	3.1	2.9	1.8	2.0
11	2.9	2.6	2.0	2.7
12	2.8	2.5	1.5	3.3
13	2.0	2.2	1.0	2.6
14	2.5	2.1	2.3	2.5
15	2.0	2.5	2.5	3.5
16	2.0	2.5	1.5	2.0
17	2.2	1,7	2.0	2.9
18	2.2	1.7	2.7	3.1

Como siguiente punto, en las siguientes 4 semanas, se regará con normalidad a todos los grupos, pero con los tres grupos a los cuales se les asignó un fertilizante; se les aplicará cada dos días 10 ml de sustancia con su fertilizante respectivo, en cada vaso de los 3 grupos. Cada 7 días con respecto a la primera toma de altura, se les tomará los datos de crecimiento a cada grupo y se colocará en una tabla de recopilación por cada semana.

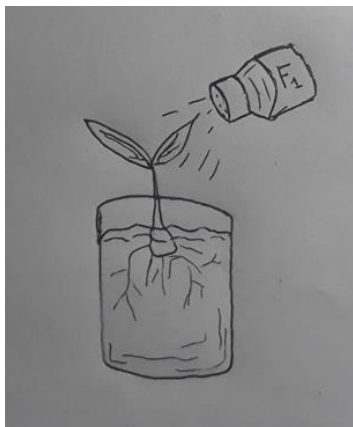


Imagen 5: Imagen donde se representa el regado de las plantas con el fertilizante (Elaboración propia).

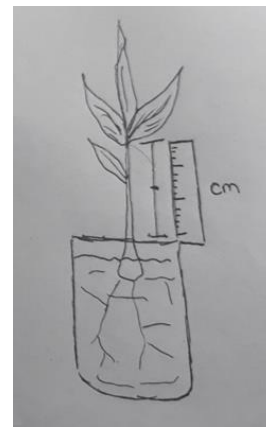


Imagen 6: Imagen donde se representa la medición de la altura luego del tiempo de regado (Elaboración propia).

Tabla 2: Altura alcanzada por las plantas tomada en cm, de cada grupo. (semana 2)

No. De planta	Semana: 2			
	tratamientos evaluados			
	Triple 15	Entec	Urea	Agua
1	3.5	3.5	3.5	4.7
2	4.2	2.0	6.0	4.3
3	3.2	3.2	4.7	4.0
4	5.0	3.0	3.2	4.5
5	2.0	3.7	4.0	4.5
6	3.1	4.5	4.0	4.5
7	4.8	4.1	4.5	5.5
8	5.1	3.5	3.0	6.2
9	4.8	3.6	4.7	6.7
10	6.5	5.0	3.5	4.3
11	5.5	4.3	4.0	7.8
12	4.0	4.0	3.5	5.5
13	3.9	4.5	2.5	4.5
14	4.0	4.5	4.1	4.0
15	4.0	4.2	3.0	8.0
16	4.0	3.8	5.8	4.5
17	3.8	2.7	3.0	4.7
18	4.6	3.2	4.0	5.5

Tabla 3: Altura alcanzada por las plantas tomada en cm, de cada grupo. (semana 3)

		Semana: 3				
No. De planta	tratamientos evaluados					
	Triple 15	Entec	Urea	Agua		
1	5.5	4.9	5.8	4.8		
2	5.3	3.5	7.5	4.8		
3	3.8	5.5	5.0	5.5		
4	5.8	4.0	7.5	4.6		
5	2.5	5.5	6.9	5.0		
6	5.5	6.0	6.0	4.9		
7	6.2	5.5	7.1	6.0		
8	7.7	6.0	5.3	8.2		
9	6.0	4.7	6.5	8.0		
10	8.0	7.5	6.1	4.5		
11	7.1	5.5	6.0	8.0		
12	6.5	5.2	5.7	7.0		
13	5.7	5.5	5.0	5.3		
14	5.9	6.0	6.4	5.5		
15	5.5	4.8	7.5	8.5		
16	5.7	5.7	5.6	5.0		
17	5.0	4.0	5.5	4.7		
18	6.1	4.1	6.0	8.2		

Procedimientos:

Al finalizar la última semana de toma de datos, se continuo con el análisis de los resultados obtenidos.

En primer lugar, se realizó el cálculo de la media aritmética de las alturas que alcanzaron las plantas en cada grupo de fertilizante aplicado. Esto se realizó a partir de los datos colocados en tablas como se mostró anteriormente.

Tabla 1: Altura inicial de las plantas tomada en cm, de cada grupo. (semana 1)

No. De planta	Semana: 1			
	Triple 15	Entec	Urea	Agua
1	2.5	2.5	1.5	3.0
2	2.5	1.5	2.5	2.2
3	2.2	2.8	2.5	2.4
4	2.1	1.5	1.5	2.5
5	1.5	1.5	2.5	2.3
6	2.0	2.5	1.5	2.6
7	2.3	2.5	2.2	3.3
8	2.8	1.9	1.7	2.6
9	2.9	2.0	3.0	2.2
10	3.1	2.9	1.8	2.0
11	2.9	2.6	2.0	2.7
12	2.8	2.5	1.5	3.3
13	2.0	2.2	1.0	2.6
14	2.5	2.1	2.3	2.5
15	2.0	2.5	2.5	3.5
16	2.0	2.5	1.5	2.0
17	2.2	1,7	2.0	2.9
18	2.2	1.7	2.7	3.1

A modo de ejemplificación de la tabla que almacena los datos de la semana primera se toman los 18 datos del primer fertilizante.

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad \bar{X} = \frac{42.5}{18} = 2.4$$

Es segundo lugar se cálculo la desviación típica de estos mismos datos iniciales por cada grupo en cada semana medida. Ya que con la desviación estándar se logrará saber que tan alejados están los datos de la media aritmética.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}}$$

Tabla 4: cálculo de la desviación típica de la altura alcanzada por las plantas del grupo del fertilizante triple 15 en la primera semana.

Triple 15				
No. planta	X altura alcanzada por las plantas en la semana.	\bar{x}	$(x-\bar{x})$	$(x-\bar{x})^2$
1	2.5	2.4	0.1	0.0
2	2.5		0.1	0.0
3	2.2		-0.2	0.0
4	2.1		-0.3	0.1
5	1.5		-0.9	0.7
6	2.0		-0.4	0.1
7	2.3		-0.1	0.0
8	2.8		0.4	0.2
9	2.9		0.5	0.3
10	3.1		0.7	0.5
11	2.9		0.5	0.3
12	2.8		0.4	0.2
13	2.0		-0.4	0.1
14	2.5		0.1	0.0
15	2.0		-0.4	0.1
16	2.0		-0.4	0.1
17	2.2		-0.2	0.0
18	2.2		-0.2	0.0
$\sum(x-\bar{x})^2$				3.0

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} \quad s = \sqrt{\frac{\sum 3.0}{18}} = 0.4$$

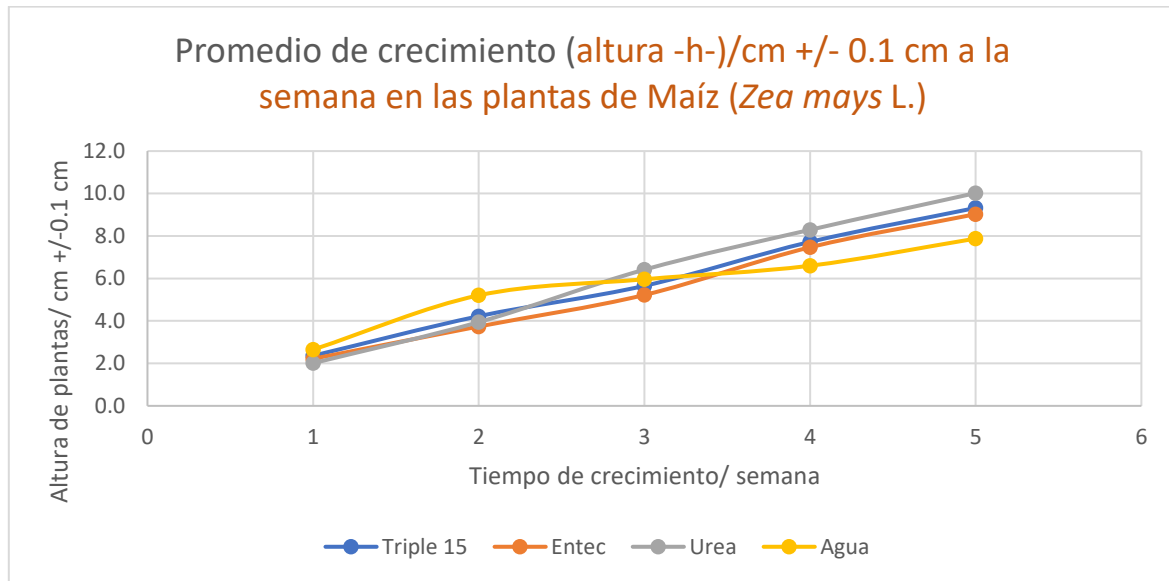
En tercer lugar, se agruparon en una tabla los promedios de la altura alcanzada por las plantas en cada grupo por semana.

Tabla 5: Agrupación de los promedios de la altura alcanzada por semana de cada grupo.

SEMANA	T15	ENTEC	UREA	AGUA
1	2.4	2.2	2.0	2.7
2	4.2	3.7	3.9	5.2
3	5.7	5.2	6.4	6.0
4	7.7	7.5	8.3	6.6
5	9.3	9.0	10.0	7.9
Promedio	5.9	5.5	6.1	5.7
Desviación	1.1	0.9	0.9	1.4

A partir de los datos que se almacenan en la tabla 5 se realizó un diagrama de tendencia lineal para la representación del progreso en el crecimiento de las plantas en cuanto a la altura se refiere.

Siendo las semanas (x) y los promedios (y).



Gráfica 1. Diagrama del crecimiento de las plantas a lo largo del tiempo (x) medido en altura alcanzada por las plantas en cm (y)

Como vemos en la gráfica anterior, existe cierta tendencia del crecimiento de las plantas al transcurrir las semanas.

A continuación, se realiza el Análisis de varianza para establecer si existen diferencias estadísticas significativas al utilizar un tratamiento u otro para el crecimiento de las plantas de maíz.

Los procedimientos complejos que se utilizaron en esta investigación son el análisis de varianza ANOVA de un factor y seguido de ello la correlación lineal de Pearson.

ANOVA: se emplea para comparar diversos grupos en una variable de cualidades cuantitativas.

En este caso ya que se empleará para evaluar la eficacia que los distintos fertilizantes tienen sobre las plantas de maíz. Se hará uso de ANOVA de un factor debido a que se desea saber la relación que existe entre las variables independiente y dependiente a partir de si las medidas tomadas en la variable dependiente son distintas a las tomadas en los grupos de la variable dependiente.

VARIABLES USADAS:

- Variable dependiente: La planta de maíz (*Zea mays*).
- Variable independiente: El tipo de fertilizante aplicado (titulado "Grupos" en la tabla 6)

TABLA 6. Resultados del Análisis de Varianza practicado con los datos de crecimiento de las plantas de maíz al ser tratadas con diferentes tipos de fertilizantes.

Para este procedimiento se ocuparon la hipótesis de supuestos:

H_0 = La media de altura entre cada uno de los grupos no tiene diferencia entre sí.

H_1 = Al menos una media de las alturas de cada uno de los grupos es distinta a las demás.

Para esta tabla Cuenta representa la cantidad de toma de datos que se realizó, Suma es la sumatoria

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T15	5	29.3	5.86	7.493
Entec	5	27.6	5.52	7.617
Urea	5	30.6	6.12	10.447
Agua	5	28.4	5.68	3.747

Cuenta: Es el número de muestras de promedios considerados en cada tratamiento.

Suma: Es la sumatoria de los datos promedio de las muestras en cada tratamiento.

Promedio: la media de las alturas tomadas en las muestras de cada tratamiento.

Varianza: Es que tan alejados están los datos con relación a la media.

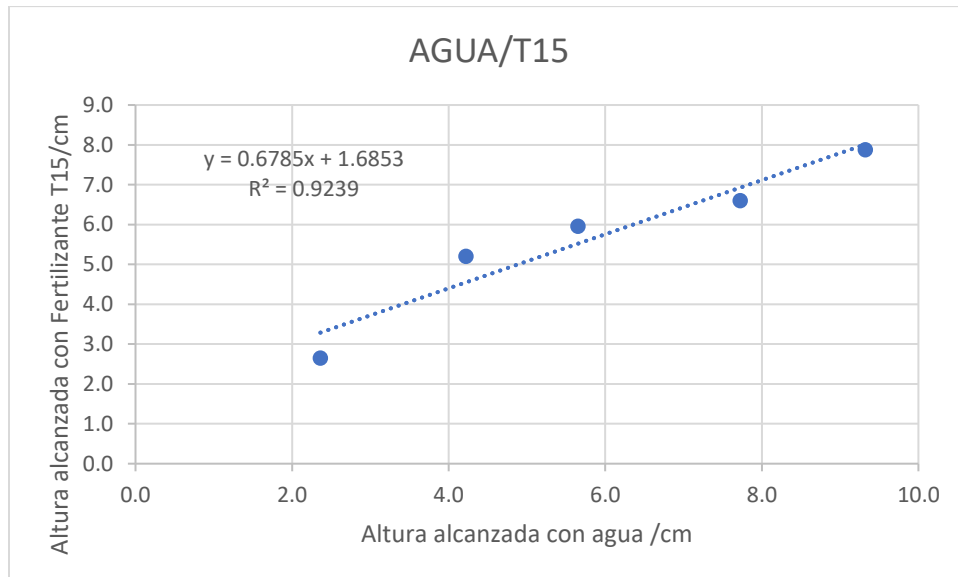
ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.9935	3	0.331166667	0.0452043	0.98675673	3.23887152
Dentro de los grupos	117.216	16	7.326			
Total	118.2095	19				

Como vemos, en la tabla 6, no se detectan diferencias estadísticas significativas entre usar un tratamiento con fertilizantes (e incluso no usarlos como demuestra solo utilizar agua para riego) debido a que $F < F$ crítico en el indicador del análisis de varianza.

Lo anterior significa que el estadístico de prueba es $F = 0.045$ y F crítico = 3.239 con una probabilidad del 0.9868, en conclusión, F calculado es menor que el F crítico por lo tanto se acepta la hipótesis nula. Esto es la media de altura entre cada uno de los grupos no tiene diferencia entre sí.

De lo cual, podemos establecer cómo se relaciona el utilizar un tratamiento con fertilizantes (cualquiera ya que no hay diferencias) contra únicamente aplicar agua para observar efectos en el crecimiento de las plantas.



Gráfica 2: Gráfica de correlación entre las plantas usando solo fertilizante (y) y plantas utilizando únicamente agua (x).

Para el desarrollo de la gráfica 2, se tomaron en cuenta los valores mencionados en la tabla 5 sobre el crecimiento de las plantas de cada semana, utilizando los tratamientos de fertilizante Triple 15 y el tratamiento solo con agua, como ejemplo de la relación que existe entre estos tratamientos debido a que el ANOVA no reveló diferencia significativa entre ellos.

Los cálculos efectuados en esta gráfica son: la ecuación punto pendiente, el índice de correlación de Pearson.

Ecuación punto pendiente:

Para encontrar la pendiente de la recta de mejor ajuste que relaciona las variables de tratamiento con agua y con fertilizante T15 se utiliza la ecuación punto pendiente como se muestra a continuación:

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

Despejando, tendremos la pendiente m

$$m = \frac{(y - y_1)}{(x - x_1)}$$

Donde, m es la pendiente de la recta de mejor ajuste y se utilizaron dos puntos al azar con coordenadas (3.5, 4.0) y (8.0, 7.0) tomados de la gráfica 2.

$$m = \frac{(7.0 - 4.0)}{(8.0 - 3.5)} = 0.67$$

Entonces, con la pendiente calculada, podemos establecer cualquier altura alcanzada como valor de Y (utilizando fertilizante T15) a cualquier valor de X (tratamiento con agua). Para el cálculo del valor del intercepto se introducen los valores de un punto seleccionado en la recta, en este caso (8.0, 7.0)

$$y - 7.0 = 0.67(x - 8.0)$$

$$y = [0.67x (0.67)(-8.0)] + 7.0$$

$$y = 0.67x + 1.68$$

Índice de Correlación de Pearson (R^2)

Este valor nos permite conocer el grado de relación de una variable (tratamiento con agua) con otra variable (tratamiento con T15) sobre el crecimiento de las plantas, según la altura en cm alcanzado al usar un tratamiento u otro.

El valor de R^2 calculado, se calcula según:

$$R^2 = \left(\frac{S_{xy}}{S_x S_y} \right)^2$$

Donde, S_{xy} es la covarianza. S_x y S_y son las desviaciones estándar de cada serie de los tratamientos evaluados.

$$S_{xy} = \frac{\sum xy}{n} - \bar{x} \bar{y}$$

Necesitamos utilizar los datos de las alturas promedio de los tratamientos con agua (x) y fertilizante T15 (y):

Tabla 8: *Tabla con datos necesarios para encontrar la Correlación de Pearson (R^2).*

AGUA	T15			
X	Y	XY	X ²	Y ²
2.70	2.40	6.48	7.29	5.76
5.20	4.20	21.84	27.04	17.64
6.00	5.70	34.20	36.00	32.49
6.60	7.70	50.82	43.56	59.29
7.90	9.30	73.47	62.41	86.49
$\bar{x} = 5.68$ $S_x = 1.73$	$\bar{y} = 5.86$ $S_y = 2.44$	$\sum xy =$ 186.81		

Por lo tanto,

$$S_{xy} = \frac{186.81}{5} - (5.68)(5.86) = 4.07$$

$$R^2 = \left(\frac{S_{xy}}{S_x S_y} \right)^2$$

$$R^2 = \left(\frac{4.07}{(1.73) \times (2.44)} \right)^2 = 0.923$$

Al ser R^2 calculada igual a 0.923, esta se acerca mucho al valor de 1 lo cual quiere decir que es una correlación fuerte. Esto se sabe gracias a los intervalos para R que se proporcionan en el libro de estadística de Mario F. Triola los cuales dicen que cuando R está entre:

- 0 y 0,25, la correlación es muy débil.
- 0,25 y 05, la correlación es débil.
- 0,5 y 0.75, la correlación es moderada.
- 0,75 y 1, la correlación es fuerte.

Conclusiones:

En el proceso de experimentación para esta investigación el empleo de los diferentes fertilizantes en cada uno de los grupos de plantas, se pudo apreciar que aparentemente las plantas tenían un crecimiento mayor cuando se utilizaban fertilizantes porque aparentaban ser más robustas pero seguramente no era con relación a la variable de altura, aparentaban tener mejor coloración de desarrollo y aparentemente estaban mejor nutridas pero únicamente se considera la variable altura, probablemente al estudiar otras variables se pueda llegar a descubrir otros efectos que tienen los fertilizantes en el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz, situación que muy probablemente tenga que ver con factores múltiples y no únicamente la variable de altura medida.

Comenzando por los resultados obtenidos en el análisis de varianza se pudo establecer que no existen diferencias significativas estadísticamente entre los resultados de cada uno de los grupos con fertilizantes empleados en las plantas con respecto al agua. En las condiciones estudiadas, a través del análisis de varianza que arroja un valor para F (0.045) menor al valor para F crítico (3.23), por lo tanto, se puede decir que estadísticamente los crecimientos de las plantas son iguales. Esto lleva a establecer que no existe diferencia entre el empleo de un fertilizante en las plantas con respecto solo utilizar agua en cuanto a la altura alcanzada por las plantas.

Ahora bien, en cuanto a la correlación lineal realizada, nos confirma que no existen diferencias significativas en los resultados de la altura de las plantas. Conociendo el valor que tiene R^2 (0.923) se es posible el concluir si la hipótesis planteada es aceptada o no, para ello se toma en consideración:

Si R^2 calculado no se acerca al valor de 1 la hipótesis que se realizó, se rechaza. Lo cual señala que las variables son independientes.

Pero si R^2 calculado se acerca al valor de 1 la hipótesis realizada se acepta. Lo que señala que las variables son dependientes.

Al realizar la correlación lineal, la cual devolvió un valor para $R^2 = 0.923$, lo cual indica una que existe una correlación fuerte entre las variables.

Debido a que el valor de la correlación que se obtuvo es muy cercano a 1, se concluye que, para la variable estudiada, la altura, no existe diferencia entre el uso de un tratamiento de fertilizante y el agua como se pudo observar en el tratamiento (T15) que se empleó como muestra a prueba y el agua para ejemplificar los procedimientos seguidos.

Cabe mencionar que esta experimentación no aplica para todas las plantas por igual ya que dependiendo de la composición de la planta el fertilizante actúa de diferentes formas y en algunos casos pueden llegar a generar toxicidad en la planta.

Puntos de mejora:

Aspectos para tratar	Mejoras
Área de experimentación	Debido a las condiciones de pandemia el experimento fue llevado a cabo en un ambiente expuesto al aire libre, lluvias e intervalos cambiantes de iluminación solar, por lo cual para que de la experimentación únicamente brinde resultados de los fertilizantes, lo correcto sería colocar las plantas en un medio con luz y agua controladas y que ambas se mantengan iguales en todo momento para cada grupo de plantas.
El uso de distintas plantas	En esta investigación únicamente se emplearon plantas de maíz, pero para la obtención de mejores resultados es adecuado someter más tipos de plantas a esta experimentación para conocer la influencia que tienen los fertilizantes en el crecimiento de diversas plantas.
Instrumento de medición	En este caso se empleo una regla de plástico con un margen de error de +/- 0.1 cm sin embargo para que los datos sean más exactos lo idóneo es utilizar un vernier.
Tiempo de experimentación	Para esta investigación solamente se tomaron los datos de altura durante 5 semanas debido al corto periodo del que se disponía para experimentar. Sin embargo, a las plantas sometidas a esta experimentación se les puede seguir tomando los datos por un par de semanas más con el fin de obtener datos de correlación más correctos.
Riego de las plantas	En esta investigación para el regado de las plantas que pertenecían a un grupo de fertilizante se procuró aplicar la misma cantidad (10 ml) en todos los grupos utilizando una probeta con una capacidad de 20 ml, pero este aspecto se puede mejorar si se aplica incluso en los días que no se debe aplicar el fertilizante y solo se riega con agua.