

Evaluación de la corrosión atmosférica en cinco sitios de Cuernavaca

Estrella del Norte no. 6 Col. Rancho Tetela, Fax: 3114277
Cecilia Atlschuler, Pamela Rodriguez, Paulina Sosa, Anna Zisa
colegio@marymount.edu.mx

Resumen

La corrosión causa el deterioro de metales, a través de su interacción con el medio ambiente. Para que se pueda llevar a cabo se necesita de un medio acuoso. Para que la corrosividad de los metales se acelere, depende de otros factores; aparte de los acuosos, como los químicos que existen en el medio, polvo, etc. Al exponer materiales al medio ambiente, sufren un ataque electroquímico, el cual produce una corriente eléctrica que se puede medir. A esta corriente se le llama corriente galvánica, que es la que determina el índice de corrosividad de un sitio. En este proyecto se tratará de probar que la corrosión atmosférica de cinco sitios de Cuernavaca varía dependiendo del lugar. Se expusieron placas de aluminio a la atmósfera durante un mes. Se hicieron mediciones a través de un multímetro varias veces al día. Se analizaron los datos, y mediante la ley de Faraday pudimos determinar el índice de corrosividad de los 5 sitios. Los resultados indicaron que los índices de corrosividad más elevados se encontraron en Rancho Tetela, debido a que se encuentra en una zona boscosa (húmeda). En segundo lugar se encuentra Sumiya debido a su cercanía de una zona industrial, CIVAC. En tercer lugar se clasificó Tlaltenango por su cercanía a una zona boscosa. Los últimos lugares fueron Acapantzingo y Teopanzolco ya que se encuentran ubicadas en el centro de la ciudad de Cuernavaca. También pudimos clasificar la corrosividad atmosférica gracias a las normas ISO; y la atmósfera de la ciudad de Cuernavaca se encuentra en la clasificación C3; esto quiere decir que tiene una corrosividad media.

Introducción

La corrosión es la interacción de un metal con ambientes reactivos causando el deterioro de éste e incluso su destrucción. Gracias a la corrosión se pierde el estado elemental de los metales. Cada metal tiende a corroerse de manera diferente. La corrosión atmosférica no sería posible sin oxígeno y agua y se puede considerar como una forma de corrosión que resulta de la interacción entre una atmósfera natural y un material expuesto en ella (Mariaca *et al*, 1999).

La corrosión es una reacción electroquímica, es decir, que involucra corrientes eléctricas con la aparición de diferencias de potencial. Ésta sucede cuando un átomo metálico pierde electrones quedando su carga positiva, a esto se le llama ionización. Se lleva a cabo en un electrolito (medio acuoso) ya que el óxido es el primer agente de corrosión y necesita de la presencia de una zona anódica (de oxidación o de corrosión) y una zona catódica (o de reducción) (Mariaca *et al*, 1999).

Para que exista la corrosión además de la presencia de estos tres elementos, se necesita de un contacto eléctrico entre el ánodo y el cátodo. El ánodo es la parte del metal que se corroe, es allí donde se liberan electrones transfiriéndose iones al electrolito. El cátodo es el nombre que se le da a la porción de superficie metálica en la cual los electrones liberados por el ánodo se combinan con los iones de las sustancias presentes en el electrolito. Se conocen como electrodos los ánodos y cátodos implicados en un proceso de corrosión, éstos deben de tener una diferencia de potencial eléctrico para que se pueda crear una corriente (Morcillo *et al*, 1999). Es gracias a la presencia de iones en el electrolito que permiten que se conduzca la electricidad. Este flujo de electrones entre los electrodos y el electrolito constituye una corriente eléctrica que se mide con un amperímetro. Midiendo este flujo es una manera de medir la corrosión porque cuando los metales son expuestos al medio ambiente el flujo de electrones se reparte en el metal hacia las zonas catódicas donde se desprende hidrógeno (Sin nombre, 2010). Las mediciones de estas corrientes de diferentes metales constituyen una tabla llamada serie galvánica que ordena metales desde los más nobles, es decir los que tienen menos tendencia corroerse, a los metales que se corroen más rápido, es decir los base. Los fenómenos de corrosión se clasifican según:

- 1) La morfología de ataque: si son uniformes, la localización, etc.
- 2) El medio atacante: el tipo de corrosión (atmosférica, aerobia, etc.)
- 3) El medio de acciones físicas: provocan el deterioro del metal como la corrosión bajo tensión, corrosión por fatiga, etc.

En su estado natural los metales forman minerales como óxidos, carbonatos, sulfuros, etc. ya que se encuentran combinados con otros elementos químicos. Es necesaria la extracción a partir de estos minerales, con ayuda de energía, para obtener el estado puro de los metales. La energía necesaria para realizar esta extracción se le llama "Energía libre" y se puede encontrar en tres casos:

- 1) Cuando el cambio de energía es positivo, significa que puede haber corrosión.
- 2) Cuando el cambio de energía también es positivo pero en este caso el metal permanece sin ser atacado
- 3) Cuando el cambio de energía es igual a cero o negativo, lo que significa que el metal es indiferente a los agentes agresivos habituales. Este es el caso de los metales nobles como el oro.

Antecedentes

La contaminación es un factor muy importante que influye en el proceso de corrosión, afectando de manera directa o indirecta en los materiales reduciendo su vida activa, es decir el tiempo que sirven los materiales, ennegreciéndolos, desfigurándolos, etc. La contaminación atmosférica puede dañar los materiales por 5 mecanismos, que son: erosión, depósito y remoción, ataque químico directo e indirecto y corrosión electroquímica.

Otro factor que ayuda a la corrosión es la lluvia ácida, la cual se forma cuando la humedad en el aire se combina con los óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctricas y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo (Wikipedia, 2010). Estos elementos en interacción con vapor de agua caen a la tierra formando la lluvia ácida. Es por estos compuestos que los metales son corroídos. En la actualidad la contaminación atmosférica es la mayor causa del deterioro y envejecimiento de materiales.

Uno de los problemas más graves causados por los avances de la tecnología, es la corrosión de los materiales como consecuencia de la agresividad atmosférica, incluyendo construcciones, materiales de éstas, metales, debido a que el 80 % de éstos están expuestos al medio (Mariaca *et al*, 1999).

La contaminación del aire es uno de los puntos básicos de carácter agresivo que afecta a los materiales, por ejemplo: humo, polvo, cenizas, polen, entre otros.

La mayoría de los metales en contacto con el medio ambiente forman un sistema termodinámicamente inestable. Los demás reaccionan y forman óxidos, menos los metales nobles. Existen varios tipos de atmósferas: rural, urbana, marina o industrial (Mariaca *et al*, 1999).

En el Congreso Iberoamericano de Corrosión y Protección que se llevó a cabo en Noviembre de 1986 en Venezuela, se expusieron ideas básicas para la elaboración de un mapa Iberoamericano de Corrosividad Atmosférica (MICAT) (Mariaca *et al*, 1999). El objetivo del congreso era obtener mayor conocimiento de los mecanismos de corrosión atmosférica en distintas atmósferas de Iberoamérica. También tuvo como objetivo establecer expresiones matemáticas que permitan el cálculo de la corrosión atmosférica en función de parámetros climáticos y de contaminación. Otro objetivo del congreso fue elaborar el mapa de Latinoamérica de corrosión atmosférica.

Los objetivos anteriores permitieron sentar las bases para una selección de los materiales a emplear en distintas situaciones de agresividad atmosférica. Para cumplir el objetivo del congreso se necesitaron varias etapas (Mariaca *et al*, 1999):

- 1) Disponer de una red de estaciones de corrosión atmosférica representativas de las distintas condiciones climáticas en cada lugar diferente.
- 2) Conocer la agresividad de las distintas atmósferas (condiciones climáticas, población).
- 3) Selección de los materiales metálicos.

Al final del congreso se elaboró un mapa para tener un amplio conocimiento de zonas donde se presenten diversos niveles de corrosividad.

De la misma manera, nosotros elaboramos un mapa de Cuernavaca con los niveles de corrosión de cinco sitios diferentes de la ciudad.

Objetivos

Comparar los niveles de corrosividad en placas de aluminio en cinco sitios de Cuernavaca.

Metodología y materiales

Se cortaron placas de aluminio puro (99.9 %) en tamaños de 2.5 x 5 cm y de 1 mm de grosor, las cuales se expusieron por triplicado en cinco diferentes sitios de la ciudad de Cuernavaca que tiene en promedio un clima de sabana tropical, con humedad relativa de 56 % al año. Los cinco sitios se muestran en el mapa de la figura 1.

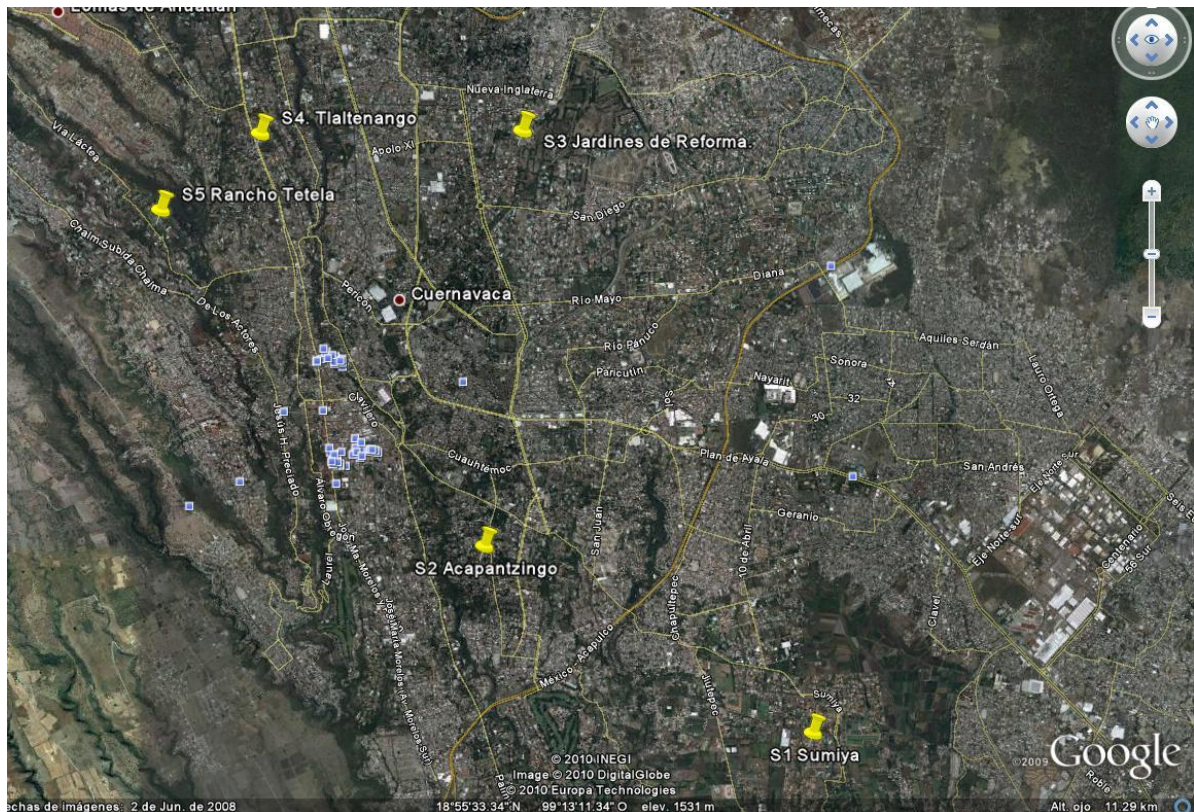


Figura 1. Mapa de la ciudad de Cuernavaca indicando los sitios en donde se realizaron las mediciones

S1-Sumiya es una zona ubicada al sur de Cuernavaca, lo que rodea el sitio de exposición de la placa es una zona residencial y agrícola.

S2-Acapantzingo es una zona ubicada en el centro-sur cerca de la carretera México-Acapulco.

S3-Jardines de Reforma es una zona residencial ubicada al centro-norte de la ciudad.

S4-Tlaltenango es una zona urbana ubicada al norte de la ciudad.

S5-Rancho Tetela también está ubicada al norte de la ciudad y es una zona residencial.

Antes de exponer las placas, estas fueron lijadas minuciosamente y limpiadas con agua destilada. Las placas se expusieron hacia el sur con una inclinación 30° o 60° continuamente a la atmosfera durante 27 días. En diferentes días y horas durante el

día se realizaron mediciones electroquímicas en todas las muestras. Para esto se utilizó, además de la placa, una esponja humedecida con agua destilada (no contiene sales por lo que no favorece la conductividad), un amperímetro para medir la corriente eléctrica y para cerrar el circuito un electrodo de cobre de 1 cm cuadrado de superficie que se coloca sobre la esponja. Este procedimiento se ilustra en la figura 2 y en la foto 1.

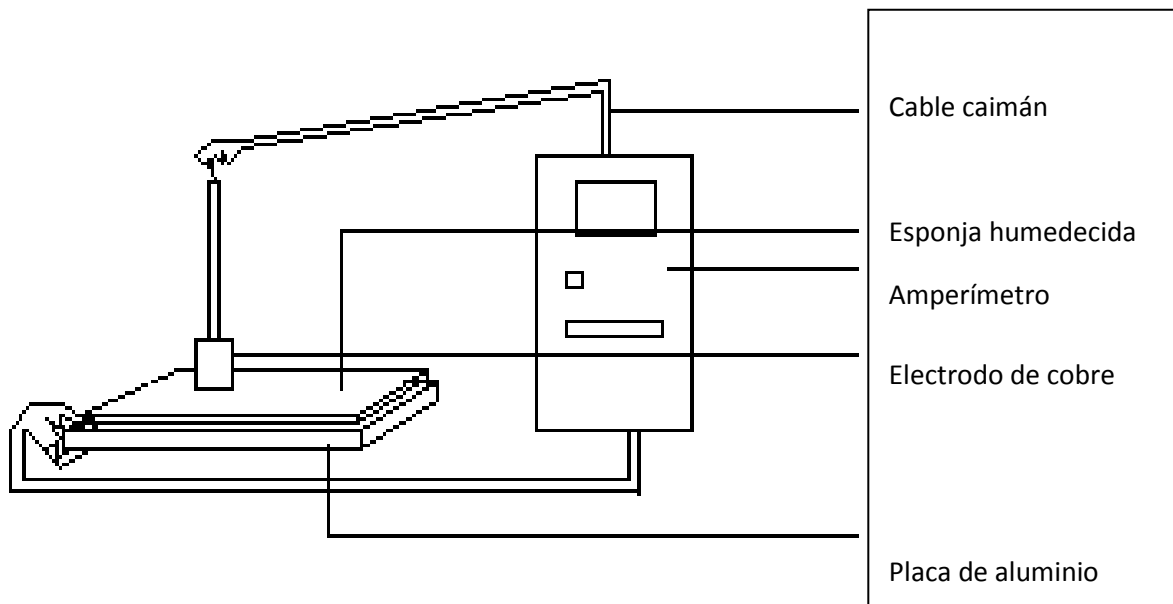


Figura 2. Esquema del circuito para medir la intensidad de corrosión.



Foto 1. Fotografía de cómo se realiza la medición.

Los datos obtenidos con el amperímetro representaban la corriente de corrosión instantánea del lugar y el promedio total para cada sitio nos permitió caracterizar la corrosividad de la atmósfera del lugar.

Resultados y discusión

Las mediciones con el amperímetro estaban dadas en μA . Para convertirlo en intensidad de corrosión, dividimos cada medición por el área de las placas para que la unidad fuera $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ (la unidad de intensidad de corrosión). Estas mediciones con respecto al día en que fueron tomada dependiendo de cada lugar se muestran en la figura 3.

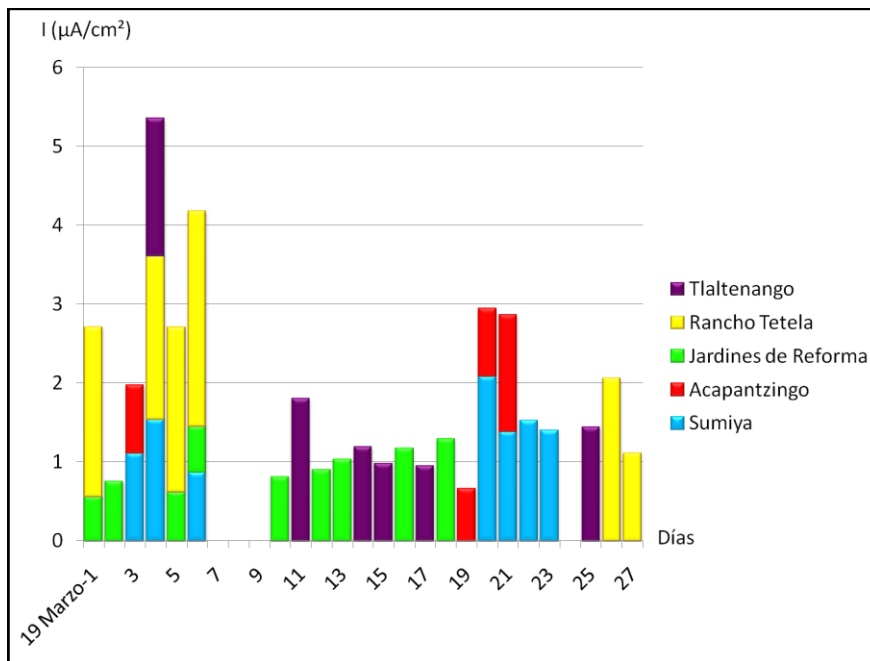


Figura 3. Gráfica de todas las mediciones con respecto al tiempo.

En la figura 4 se presentan los promedios de la intensidad de corrosión de cada sitio con su desviación estándar (los cálculos de las desviaciones estándar se detallan en el anexo 1).

Con un 95% de confiabilidad a través de la prueba t (ver anexo 2), podemos decir que Rancho Tetela (a) es significativamente diferente a Acapantzingo, a Tlaltenango, y a Jardines de Reforma (b), y también podemos decir que Jardines de Reforma (d) es significativamente diferente a Sumiya y a Tlaltenango (e).

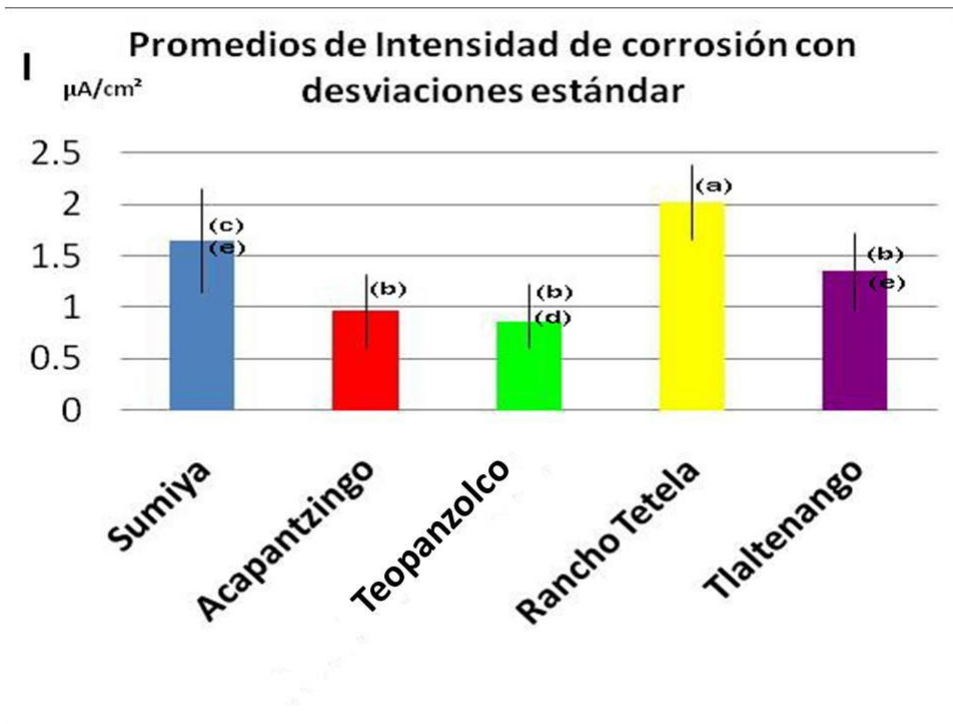


Figura 4. Gráfica de intensidades de corrosión con sus desviaciones estándar.

Después lo que hicimos con los resultados fue, mediante la ley de Faraday, pasarlos de $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ a $\mu\text{m}/\text{año}$, que es la velocidad de corrosión, es decir es lo que se desgasta del aluminio por año. Estos resultados se presentan en la figura 5. Además de nuestros resultados están también unas mediciones ya establecidas de la ciudad de Cuernavaca que nos fueron proporcionadas por nuestro asesor (UAEM, Delicias y Civac). Gracias a estos resultados proporcionados pudimos reafirmar nuestros resultados y podemos observar que estos eran parecidos.

Comparando nuestros resultados con los proporcionados con nuestro asesor, podemos observar que los sitios más céntricos: Teopanzolco y Acapantzingo obtuvieron una velocidad de corrosión parecida a la de Delicias que también es una zona céntrica. Civac obtuvo la velocidad de corrosión más alta en los resultados proporcionados mientras que en nuestro estudio, Rancho Tetela obtuvo el más alto.



Figura 5. Mapa de Cuernavaca con la velocidad de corrosión obtenida durante este estudio y con tres sitios donde se realizaron estudios previos (UAEM, Delicias y Civac).

Conclusiones

La atmósfera de Cuernavaca varía de un sitio a otro. Las medidas nos indican que el sitio con mayor corrosividad es Rancho Tetela ya que se encuentra en una zona boscosa; estas zonas se caracterizan por ser muy húmedas, y esto es un factor muy importante para acelerar el proceso de corrosión. En segundo lugar obtuvimos a Sumiya, ya que se encuentra cerca de una zona industrial que es Civac; en esta zona se desprenden materiales químicos a la atmósfera al igual que polvo, esto también ayuda al proceso de corrosión. Tlaltenango ocupó el tercer lugar ya que se encuentra cerca de una zona boscosa. Teopanzolco y Acapantzingo obtuvieron medidas similares, ya que se encuentran en el centro de la ciudad de Cuernavaca. Por medio de las medidas que obtuvimos midiendo la corrosión, también pudimos clasificar la corrosividad de la atmósfera de Cuernavaca, gracias a las Normas ISO. Estas son unas normas que están diseñadas para poder clasificar la corrosividad de las atmósferas en todo el mundo. La atmósfera de Cuernavaca se encuentra clasificada como C3; esto quiere decir que se encuentra dentro de un rango de corrosividad media.

Bibliografía

Mariaca, L., Genescá, J., Uruchurtu, J., Salvador, L. (1999) Corrosividad atmosférica (MICAT-MÉXICO), Primera edición, Plaza Valdés, México, D.F., 209 págs. (ISBN 9688567078)

Wikipedia (2010),: la Enciclopedia Libre, Lluvia ácida,
http://es.wikipedia.org/wiki/Lluvia_ácida(fecha de consulta 24 de febrero de 2010.)

Sin nombre, Nervion, Corrosión
<http://www.nervion.com.mx/web/conocimientos/anticorrosivos.php> (fecha de consulta 2 de marzo de 2010.)

Morcillo, M., Almeida, E. Rosales, B., Uruchurtu, J., Marrocos, M(1999) Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Iberoamérica parte 1, CYTED-Madrid, España

Anexo 1.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

	<u>Sumiya</u>	<u>Acapantzingo</u>	<u>Teopanzolco</u>	<u>Tlaltenango</u>	<u>Rancho Tetela</u>
\bar{X} (media)	$\bar{X} = 1.65$	$\bar{X} = -0.965$	$\bar{X} = 0.86$	$\bar{X} = 1.35$	$\bar{X} = 2.012$
ΣX (suma de muestras)	$\Sigma X = 1.2809$	$\Sigma X = 0.38$	$\Sigma X = 0.5521$	$\Sigma X = 0.6852$	$\Sigma X = 0.52722$
σ (desviación estándar)	$\sigma = 0.5062$	$\sigma = 0.3559$	$\sigma = 0.2627$	$\sigma = 0.3702$	$\sigma = 0.3630$

Anexo 2.

Prueba t

Esta prueba es una de las pruebas estadísticas más útiles y más usada en investigación para discernir si una diferencia entre dos tratamientos es real o significativa. La hipótesis nula dice "la media de las diferencias no es diferente de cero (esto es los dos grupos de datos tienen la misma media). Si esta se rechaza la hipótesis nula significa que la diferencia media es significativamente diferente. Si se acepta la hipótesis nula, la diferencia media no es significativamente diferente.

	Sumiya	Acapantzingo	Teopanzolco	Rancho Tetela	Tlaltenango
Sumiya		t=2.136758 Acepta la hipótesis nula			
Acapantzingo			t=0.529426 Acepta hipótesis nula		
Teopanzolco	t=3.51987 Rechaza hipótesis nula				t=2.8054 Rechaza hipótesis nula
Rancho Tetela	t=1.3775 Acepta hipótesis nula	t=4.346663 Rechaza hipótesis nula	t=6.2455 Rechaza hipótesis nula		
Tlaltenango	t=1.17178 Acepta hipótesis nula	t=1.64906 Acepta hipótesis nula		t=2.9847 Rechaza hipótesis nula	