

*Por la Excelencia Académica, Investigando e Innovando*



### Consejo Editorial

**Director:** Dr. Manuel Enrique Pedroza. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

**Editora:** MSc. Anielka Patricia Carballo Palma. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

**Miembro del consejo:** Dra. Norma Cándida Corea Tórrez. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

**Miembro del consejo:** MSc. Ruth Velia. Universidad Nacional Agraria

**Miembro del consejo:** MSc. Luis María Discovskiy Rioboó. Universidad Nacional de Ingeniería

### Comité Científico

Dr. Francisco Salmerón, Universidad Nacional Agraria

Dra. Marianela Corriols Molina, Ministerio de Salud, Nicaragua

Dra. Jilma Romero, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Dr. Ramón Antonio Parajón Guevara, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Dr. Leonardo Mendoza, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León

Dr. Miguel Ayerdis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Dr. Víctor Aguilar Bustamante, Universidad Nacional Agraria

Dra. Marcia Mendieta López, Universidad Nacional Agraria

Dr. Fernando Casanoves, Centro Agronómico Tropical de Investigación e Enseñanza

Dr. Norman Marín Calderón, Universidad de Costa Rica

Dr. Jairo Rojas Meza, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Dr. Guillermo Reyes, Universidad Nacional Agraria

Dr. Nadir Reyes Sánchez, Universidad Nacional Agraria

### Autoridades Universitarias

MSc. Ramona Rodríguez Pérez, Rectora, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

MSc. Jaime López Lowery, Vicerrector General, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

MSc. Javier Antonio Pichardo Ramírez, Vicerrector de Investigación, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

### ENVÍO DE ARTÍCULOS

1. El o los autores enviarán una carta de solicitud de publicación al director y editor de la revista. En esta, se debe expresar que el artículo enviado es producto inédito de investigación y que solo está enviándose a esta revista. La remisión debe enviarse tanto al director como a la editora de la revista.

2. La remisión se envía por parte del autor principal o en su defecto por uno de los coautores, donde haga referencia que de común acuerdo con los autores del presente artículo, solicitan publicación del mismo.

3. Tanto la carta como el artículo debe enviarse impreso y en formato digital (Word). Los/as autores/as necesitan [registrarse](#) en la revista para poder hacer envíos, o si ya están registrados pueden simplemente [identificarse](#) y empezar el proceso de 5 pasos.

4. En caso de que el artículo se envíe de forma tradicional, se deben seguir las siguientes indicaciones: Impreso a la siguiente dirección: Managua, Nicaragua, de la rotonda universitaria, 1 km al sur. Apartado postal 663, Dirección de Investigación de Posgrado, pabellón 20. En caso de envío por correo electrónico hacerlo a la dirección: [revciencia@unan.edu.ni](mailto:revciencia@unan.edu.ni). Para mayor información visite: [www.unan.edu.ni/direccióndeinvestigación](http://www.unan.edu.ni/direccióndeinvestigación).

### CALENDARIO (Cuatrimestral)

1ra. Convocatoria	2da. Convocatoria
Recepción de artículos: septiembre – octubre de 2015. Evaluación: octubre – noviembre de 2015. Cierre de revisión: diciembre Publicación: enero – abril de 2016	Recepción de artículos: enero – febrero de 2016. Evaluación: febrero – marzo de 2016. Cierre de revisión: abril de 2016. Publicación: mayo – agosto de 2016
3ra. Convocatoria	
Recepción de artículos: mayo- junio de 2016. Evaluación: junio – julio 2016. Cierre de revisión: agosto de 2016 Publicación: septiembre – diciembre 2016	

### Equipo Técnico

Web máster: Carlos Alberto Rosales. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Diagramador: Manuel Enrique Pedroza. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua





## Contenido

<b>EDITORIAL.....</b>	<b>4</b>
<b>Estimación de la relación PIB desempleo: Nicaragua 1980 – 2011.....</b>	<b>5</b>
<b>Factores de riesgo de recurrencia de hernias inguinales .....</b>	<b>13</b>
<b>Toxoplasmosis cerebral asociado a VIH-SIDA: Revisión de literatura y reporte de un caso .....</b>	<b>22</b>
<b>Eficacia de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> en el aclaramiento del agua.....</b>	<b>31</b>
<b>Análisis proximal de granos de arroz, frijol, maíz y café comercializados en el mercado Roberto Huembes de Managua.....</b>	<b>45</b>
<b>Evaluación hidráulica de sistemas de riego con tuberías multicompuertas para el riego de la caña de azúcar en la Agricultura. ....</b>	<b>52</b>
<b>Análisis sísmico del noroeste de San Rafael del Sur .....</b>	<b>82</b>



## EDITORIAL

*“Enseñar para la sociedad del conocimiento es técnicamente más complejo y más variado de lo que nunca antes había sido la enseñanza “[...]”, los docentes actuales necesitan estar comprometidos e implicarse continuamente en proseguir, actualizar y revisar su propio aprendizaje profesional. Esto incluye participar en redes de aprendizaje profesional virtuales y presenciales, utilizar portafolios de desarrollo profesional permanente en los que los docentes acumulan y revisan su propio aprendizaje profesional, consultar y aplicar críticamente las aportaciones de la investigación educativa de forma que su práctica siempre se base en ellas”.*

Hargreaves (2003)<sup>1</sup>

En consideración a los cambios universales, que no exceptúan a la academia, nuestro profesorado universitario requiere de un espacio idóneo para fortalecer y actualizar sus capacidades, habilidades y destrezas, que vincule los saberes previos con las exigencias del nuevo contexto marcado por la competitividad de un profesorado universitario integral, como ya lo argumentaba Soto y Episodio (1999)<sup>2</sup> al ratificar que para el buen logro de una formación integral se debe establecer un círculo en donde la formación formal, no formal e informal se complementen mutuamente.

La Universidad, Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua-UNAN-Managua, a través de su Revista Universidad y Ciencia, ofrece un espacio en donde el profesorado disponga de oportunidades para publicar sus investigaciones científicas así como también para acceder a información con alto nivel de calidad y credibilidad. Siendo, así, un medio para contribuir en esa, tan ansiada, formación integral. Para tal efecto La Revista Universidad y Ciencia presenta una preciosidad semestral.

Apreciado lector, en esta edición, encontraras temas muy variados que sin duda alguna contribuirá a fortalecer tus conocimientos en áreas afines a la economía y sociedad, salud, microbiología, alimentación, entre otras.

Finalmente, invitamos a la comunidad universitaria a continuar escribiendo en esta “su revista Universidad y Ciencia”, recordarles también que la periodicidad de su publicación es una responsabilidad compartida.

Dra. Concepción Mendieta

Directora de la Revista

---

<sup>1</sup> Hargreaves, A. (2003). Enseñar en la Sociedad del Conocimiento. Barcelona: Octaedro.

<sup>2</sup> Soto, F., & Espisodio, X. (1999). La Educación formal, no formal e informal y la función docente. Santiago de Chile.



## Estimación de la relación PIB desempleo: Nicaragua 1980 – 2011

### Estimation of the relationship between GDP and Unemployment: Nicaragua 1980-2011

Oslund Rains Franklin Sam  
Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN)  
[oslund.franklin@gmail.com](mailto:oslund.franklin@gmail.com)

Fecha de recibido: 19 de mayo de 2014

Fecha de aprobado: 12 de diciembre de 2015

#### RESUMEN

En el artículo se examina las tres especificaciones de la llamada ley de Okun el cual establece la relación entre el desempleo, la producción y el producto potencial. Así mismo, se aplica una especificación de esta evidencia empírica a Nicaragua. Las conclusiones sugieren ampliar el modelo porque sugiere histéresis.

*Palabras claves: Producto Interno Bruto, Tasa de desempleo, empleo, Okun*

#### ABSTRACT

This article examines three specifications of the Okun's law, which establishes the relationship between unemployment, output and potential output. In addition, there is a specification of empirical evidence applied to Nicaragua. The conclusions suggest hysteresis; therefore the model should be extended.

*Key words: Gross Domestic Product, Unemployment rate, Employment, Okun*

#### INTRODUCCIÓN

La medición de la relación entre el crecimiento del producto de un país y el comportamiento del desempleo se considera como uno de los temas tradicionales dentro de la macroeconomía. En el documento expuesto por Okun<sup>3</sup>, se brinda el soporte para efectuar tal medición. Esta relación postula la existencia de un movimiento inverso entre los cambios en la tasa de desempleo y los cambios en el producto real. Según James Tobin, constituye una de las regularidades empíricas más confiables dentro de la Macroeconomía.

La consecución de un crecimiento económico estable y sostenido en el tiempo, así como el mantenimiento de niveles de empleo aceptables son objetivos fundamentales de toda política económica,

---

<sup>3</sup> Arthur Okun Economista Norteamericano (1928-80) en su artículo "Potencial GNP: Its Measurement and Significance" escrito en 1962, donde recoge datos de la economía de los Estados Unidos desde el Segundo trimestre del año 1947 hasta el último trimestre del año 1960.



y a su vez requisitos indispensables para lograr una mejora en el bienestar socioeconómica de la población, disminuir la pobreza y fomentar el desarrollo armónico de la economía. De allí la importancia de nuestra investigación.

### Planteamiento de Okun

Arthur Okun (1962) en su artículo titulado “Potential GNP: its measurement and significance”, desarrolla tres especificaciones para medir la relación entre crecimiento y desempleo. Estas son:

#### 1) Primeras diferencias

$$Y = \beta_0 - \beta_1 X$$

La ecuación presenta la variación en la tasa de desempleo (Y) como promedio de las variaciones porcentuales del producto real (X), siendo  $\beta_1$  el parámetro que mide la magnitud del cambio en (Y), y  $\beta_0$  el intercepto. Dado un nivel de tecnología, los cambios trimestrales en la tasa de desocupación en puntos porcentuales, están relacionados con cambios trimestrales en porcentajes del producto real. Los resultados fueron:

$$Y = 0.3 - 0.3 X; \text{ con un } r = 0.79 \text{ para la economía norteamericana.}$$

Okun concluyó que cada 1% de crecimiento en el producto de los Estados Unidos el desempleo disminuiría en un tercio de punto porcentual, y por el contrario un punto de aumento en la tasa de desempleo está asociado con una pérdida de 3.3% en el producto, de acuerdo al inverso del coeficiente  $\beta_1$  estimado.  $1/0.3 = 3.33$ .

#### 2) Relación de brechas

Cambios a la tasa de desempleo (U) que dependen de la relación porcentual entre Producto Potencial y el Producto Efectivo u observado lo que se identifica como el GAP o brecha del producto:

$$U = \alpha + \beta(\text{GAP}) \quad ; \quad \text{GAP} = \frac{\text{PIBP} - \text{PIBr}}{\text{PIBP}}$$

Donde:

U = Tasa de desempleo

GAP = Brecha del producto entre producto potencial y el producto efectivo u observado.



$PIB_p$  = Producto Interno Bruto Potencial.

$PIB_r$  = Producto Interno Bruto Efectivo u observado.

$\alpha$  = Constante. Donde puede ser tomado como proxy de la tasa natural de desempleo cuando  $GAP = 0$  ;

ó  $PIB_p = PIB_r$

$\beta$  = Es el parámetro que mide el impacto de los cambios en la brecha sobre los cambios en U.

El resultado bajo este método fue:

$$U = 3.72 + 0.36 (GAP)$$

Ahora  $\alpha = 3.72$  representa bajo el caso de  $\beta = 0$  una proxy de la tasa natural de desempleo de Estados Unidos.

El valor que acompaña el GAP del producto (0.36) indica la disminución (aumento) que experimentara la tasa de desempleo por debajo (encima) de la tasa natural de desempleo, cuando la brecha del producto es negativa (positivo) lo cual es indicativo a su vez de que el producto efectivo tuvo una tasa de crecimiento mayor (menor) a la tasa de crecimiento del producto potencial o tasa natural.

### 3) Método de ajuste de tendencia y elasticidad

Este método propone estimar para la relación entre producto y desempleo dos aspectos: En primer lugar, que existe una elasticidad constante entre el cociente del PIB observado (Y) y el PIB potencial ( $Y^*$ ), respecto del cociente de los niveles de empleo observados (definidos como  $N = 100 - u$ ), y los niveles de empleo de pleno empleo ( $N^*$ ). Es decir:

$$\frac{N}{N^*} = \left(\frac{Y}{Y^*}\right)^a \quad (1)$$

Y, en segundo lugar, asume un crecimiento constante del producto (Y), a partir de un valor inicial ( $Y_0$ ), es decir:

$$Y_t^* = Y_0 e^{rt} \quad (2)$$

Reemplazando (2) en (1) tenemos





$$N_t = \frac{(Y^*)^a N^*}{Y_0^a e^{art}} \quad (3)$$

Retoma el logaritmo natural de la tasa de empleo con la tendencia temporal y el logaritmo del producto real o efectivo.

$$\text{Log}N_t = \text{Log} \left( \frac{N^*}{Y_0^a} \right) + a \log Y_t - (ar) t \quad (4)$$

El parámetro a es la elasticidad del empleo ante una variación del producto, y la tasa de crecimiento tendencial del PIB se mide a través del parámetro r.

### ASPECTOS METODOLÓGICOS CASO DE NICARAGUA

El objetivo de la investigación es vincular las variaciones en el crecimiento del producto con variaciones en la tasa desempleo en Nicaragua.

La muestra de datos abarca el período de 1980-2011, con frecuencia anual. Las variables anuales son tomadas de los informes del Banco Central de Nicaragua. La variable Producto Interno Bruto expresado en miles de córdobas a precios constantes de 1980 a 1993 calculado con año base de 1980 y el periodo 1994 a 2011 con año base 1994.

La siguiente figura muestra la evolución de las variables tasa de desempleo vs. tasa de variación del PIB, lo cual muestra una tendencia bastante irregular.



Figura 1 Tasa de desempleo vs tasa variación del PIB. Fuente: BCN. Elaboración propia



Como se observa hay volatilidad en la relación de las dos variables y no sugieren una relación negativa.

Cuando analizamos el comportamiento del producto y el empleo de la década de los 80's hasta el año 2011 se evidencia, por un lado que el PIB creció a una tasa promedio de 1.89%, en tanto el desempleo registro un crecimiento promedio de 8.41% (ver tabla 1)

Tabla 1. Principales estadísticos de desempleo y tasa de crecimiento del PIB.

Estadísticos principales, usando las observaciones 1980 – 2011 para la variable Tasa\_desempleo (32 observaciones válidas)

Media	Mediana	Mínimo	Máximo
8.41875	6.75000	2.30000	17.8000
Desv. Típica.	C.V.	Asimetría	Exc. de curtosis
4.36352	0.518309	0.918402	-0.379654

Estadísticos principales, usando las observaciones 1980 – 2011 para la variable Tasa\_cre\_pib (32 observaciones válidas)

Media	Mediana	Mínimo	Máximo
1.89063	3.15000	-12.4000	7.00000
Desv. Típica.	C.V.	Asimetría	Exc. de curtosis
3.86050	2.04192	-1.62192	3.84071

Fuente: BCN. Estimación propia

### Especificación del Modelo

Nuestro modelo a utilizar será la de primeras diferencias, es decir la primera especificación utilizado por Arthur Okun.

El modelo es:

Tasa de desempleo = F (tasa de variación del PIB, e)

Signo esperado:

El signo esperado de la tasa de variación del PIB es (-)



La ecuación es:  $Y = \beta_0 - \beta_1 X + e$

Donde:

Y = Tasa de desempleo

X = Tasa de variación o crecimiento del PIB real

$\beta_0$  = El intercepto

$\beta_1$  = Parámetro que mide la magnitud del cambio en (Y)

e = el error

Se procede a correr la regresión en el programa gretl mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO). El resultado es la siguiente (ver tabla 2)

Tabla 2. Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1980-2011 (T = 32) Variable dependiente: Tasa\_desempleo

	<i>Coficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Valor p</i>	
Const	7.94506	0.854034	9.3030	<0.00001	***
Tasa_cre_pib	0.250549	0.20123	1.2451	0.22274	
Media de la vble. dep.	8.418750	D.T. de la vble. dep.		4.363517	
Suma de cuad. Residuos	561.2462	D.T. de la regresión		4.325299	
R-cuadrado	0.049136	R-cuadrado corregido		0.017441	
F(1, 30)	1.550256	Valor p (de F)		0.222736	
Log-verosimilitud	-91.23681	Criterio de Akaike		186.4736	
Criterio de Schwarz	189.4051	Crit. de Hannan-Quinn		187.4453	
Rho	0.871669	Durbin-Watson		0.237299	

Fuente: BCN. Elaboración propia.

Como se observa los signos no son los esperados. Según el modelo, se determina que un 1% de aumento en el desempleo implica un aumento de 0.25 más en el producto.

Este resultado sugiere la presencia de inercia o de histéresis en la tasa de desempleo lo que sería el efecto permanente que tuvo la economía, por los choques negativos transitorios al producto. Las economías pueden presentar fenómenos de crecimientos económicos no acompañada por un aumento del empleo.



Este choque negativo tuvo que ver con la guerra civil que vivió Nicaragua en la década de los 70 y 80 donde persisten los efectos de la destrucción en el aparato productivo del país, la gran informalidad del mercado laboral y la situación política del país.

El efecto histéresis supone que la dinámica del desempleo se explica a partir de valores pasado, lo que contradice la teoría económica tradicional.

La lenta recuperación del empleo es una característica de los países latinoamericanos. Según Latorre<sup>4</sup> durante la década de los 90's, la contracción, el empleo cayo más rápidamente que la oferta de trabajo, lo que ha implicado que las tasas de desempleo se eleven significativamente. Sin embargo, en la fase de expansión la tasa de desempleo cae lentamente. De allí que el periodo de recuperación de los niveles de pre crisis sea más largo para el desempleo, que para el producto. El desempleo se mantiene debido a que las tasas de participación y de ocupación han reaccionado en forma similar ante el crecimiento económico registrado en el año. La calidad del empleo continúa deteriorándose por aumento de la informalidad y de la desprotección social de los trabajadores.

Otro aspecto interesante que se observa en la tabla 3, de que existe una correlación positiva débil lo que sugiere el efecto de otras variables que pudieran estar afectando el modelo.

Tabla 3 coeficientes de correlación

Coeficientes de correlación, usando las observaciones 1980 - 2011  
 valor crítico al 5% (a dos colas) = 0.3494 para n = 32

Tasa_desempleo	Tasa_cre_pib	
1.0000	0.2217	Tasa_desempleo
	1.0000	Tasa_cre_pib

Fuente: BCN. Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Sería interesante evaluar si las series son estacionarias o no estacionarias, es decir si presentan raíces unitarias. Si se incluyeran series que no son estacionarias puede conducir a resultados falsos en los

<sup>4</sup> Respuesta al Desempleo a Variaciones del Producto: Cuantificaciones para Ecuador a partir de la ley de Okun. Documento de trabajo.



modelos de mínimos cuadrados ordinarios. Se puede aplicar test de Dickey-Fuller Aumentada y de Phillips-Perron para comprobar si existe una relación tendencial entre las variables.

La posibilidad de que el empleo o desempleo en el periodo de 1980- 2011 se encuentre explicado por factores diferentes al PIB ( $r^2=0.049$ ), son alternativas que están fuera del alcance de este modelo. Por lo tanto, este hallazgo merece nuestra atención para el caso Nicaragüense donde se puede ampliar nuestro modelo siguiendo las otras alternativas que presenta Okun, y también una formulación de un modelo de corrección de errores (MCE).

## REFERENCIAS

- Abril, J. C.; Ferullo, H. y Gainza, A. (1996) *Estimación de la relación de Okun: Argentina 1980-1996*. Universidad de Tucumán.
- Arango, L. y Posada, E. (2003). *El desempleo en Colombia. Borradores de Economía*. Banco de la República. Recuperado de: <http://www.banrep.org/docum/investi4.htm>
- Blanchard O., y Pérez, D. (s.f). *Macroeconomía: Teoría y Política Económica con aplicaciones a América Latina*. Recuperado de: <http://librería-universitaria.blogspot.com>
- Banco Central de Nicaragua (BCN). (2013). *Información Estadística*. Recuperado de: <http://www.bcn.gob.ni>.
- Banco Central de Nicaragua (BCN). (2012). *50 Años de Estadísticas Macroeconómicas 1960 – 2009*.
- Liquitaya, J. y Lizarazu, E. (s.f.). La ley de Okun en la Economía Mexicana. *Revista Denarius*.
- Latorre, M. (s.f.) *Respuesta del Desempleo a Variaciones del Producto: Cuantificaciones para Ecuador a partir de la ley de Okun*. Documento de trabajo.
- Okun, A. M. (1962). *Potential GNP: its measurement and significance*. Reprinted from the 1962 proceeding of the business and Economic Statistic Section of the American Statistical Association, Cowles Foundation paper 190.
- Orsini G. y Rusteholz G. (2009, noviembre). *El fenómeno de la histéresis del desempleo en el mercado laboral Argentino*. Presentada en la XLIV Reunión Anual, Asociación Argentina de Economía Política. Disponible en <http://www.aaep.org.ar>



## Factores de riesgo de recurrencia de hernias inguinales

Roger Vega Blanco, Francisco Rodríguez Lara y Marlon Putoy Muñoz  
 Departamento de Emergencia, Hospital Humberto Alvarado Vásquez [rogervegablanca@hotmail.com](mailto:rogervegablanca@hotmail.com);  
 Departamento de Pediatría, Hospital Humberto Alvarado Vásquez [frankrodriilar@yahoo.com.mx](mailto:frankrodriilar@yahoo.com.mx);  
 Departamento de Cirugía Mixta, Hospital Humberto Alvarado Vásquez, [marlonputoy@hotmail.com](mailto:marlonputoy@hotmail.com)

Fecha de recibido: 19 de mayo de 2014

Fecha de aprobado: 12 de diciembre de 2015

### RESUMEN

Analizar factores relacionados con recurrencia de hernias Inguinal en Hospital Humberto Alvarado Vásquez. **Pacientes y Método:** Estudio de Casos y Controles. Periodo Enero 2003 - Diciembre 2010, se efectuaron 805 hernioplastias; 57 casos recurrieron, controles 114 asignados al azar. Criterios de exclusión: menor de 15 años, cirugía de urgencia. El análisis estadístico aplicado, pruebas de Chi cuadrado, ANOVA, y razón de probabilidades (OR) con intervalos de confianza del 95%. **Resultados:** Factores asociados a recurrencia hernia: sexo masculino ( $p=0.03$ ), mayor de 65 años ( $p=0.007$ ), obesidad ( $p=0.0006$ ). Según clasificación de Bendavid los tipos de hernias predominantes en casos T1S3D3 y T2S3D3. La técnica quirúrgica más utilizada en casos fue Bassini OR: 2.68 (1.26-5.72;  $p=0.005$ ). Se evidenció que las técnicas de Shouldice ( $p=0.007$ ) y hernioplastia con malla ( $p=0.0001$ ) constituyen un factor protector. Asimismo hubo una relación significativa de casos con uso nylon 2-0 ( $p=0.002$ ). El promedio tiempo quirúrgico 50.63 ( $\pm 26.8$ ) en casos y 41.86 ( $\pm 19.5$ ) en controles. La media tiempo de aparición de recurrencia 2 años ( $\pm 1.02$ ). **Conclusiones:** Factores de riesgo de recurrencia: masculino, >65 años, obesidad, técnica quirúrgica Bassini y MacVay; factores protectores técnicas de Shouldice y Hernioplastia con malla. Utilizar siempre hilo monofilamento no absorbible.

### SUMMARY

To assess factors associated with recurrent inguinal hernias in Humberto Vasquez Alvarado Hospital. Patients and Methods: Case-Control Study. Period January 2003 - December 2010, 805 hernioplasties were made; 57 cases appealed, 114 randomized controls. Exclusion criteria: under 15 years, emergency surgery. The statistical analysis applied, Chi-square, ANOVA, and odds ratio (OR) with confidence intervals of 95%. Results: Factors associated with recurrence hernia: male gender ( $p = 0.03$ ), over 65 ( $p = 0.007$ ), obesity ( $p = 0.0006$ ). According Bendavid classification rates prevailing in cases T1S3D3 hernias and T2S3D3. The surgical technique used in most cases was Bassini OR: 2.68 (1.26-5.72;  $p = 0.005$ ). It was evident that the Shouldice techniques ( $p = 0.007$ ) and hernia repair mesh ( $p = 0.0001$ ) constitute a protective factor. There was also a significant association of cases with use nylon 2-0 ( $p = 0.002$ ). The average operative time 50.63 ( $\pm 26.8$ ) in cases and 41.86 ( $\pm 19.5$ ) in controls. The mean time to onset of recurrence 2 years ( $\pm 1.02$ ). Conclusions: Risk factors for recurrence: Male, > 65 years, obesity, surgical technique and MacVay Bassini; Shouldice hernia repair techniques and mesh protective factors. Always use nonabsorbable monofilament thread.

### INTRODUCCION

La hernia inguinal ha constituido un tema apasionante para los cirujanos, y objeto de amplio estudio, sin embargo no se ha logrado superar de forma global su histórica complicación: la recurrencia.



Una hernia recurrente aparece en el sitio de la operación inicial con una alteración idéntica a aquella para la cual se llevó a cabo antes la reparación (Castillo, 1999). La tasa de recurrencias aumenta con el número de intentos previos a causa de pérdida de tejidos, friabilidad y retracción cicatrizal; (Flum, Horvath & Koepsell, 2003; Bisgaard, Bay-Nielsen, Christensen, & Kehlet, 2007) evidentemente la primera reparación tendrá mayor posibilidad de éxito, y la recidiva es frecuente tras cualquier reparación secundaria de una hernia recurrente. Los factores desencadenantes han sido muy bien estudiados, y uno de los principales es la hiperpresión intraabdominal, originada por tos crónica, prostatismo y estreñimiento; (Lau, Fang, Yuen & Patil, 2007; Jansen, Klinge, Jansen, & Junge, 2009; Rosemar, Angerås, Rosengren, & Nordin, 2010), otros factores asociados constituye un defecto del metabolismo de colágena, debilidad muscular y tensión de la línea de sutura. (Arregui, & Young, 2005). Antes de la introducción de las técnicas con malla, se aceptaban tasas de recurrencia hasta del 15% posterior a reparaciones primarias. (Amid, (2005). En México la tasa de recurrencia oscila entre el 3 al 5% de la población general.<sup>1</sup> Con el advenimiento de los materiales protésicos, y las técnicas laparoscópicas se han reportado en los mejores centros quirúrgicos cifras de recurrencia en 5 años inferiores a 0.5%. (Richards, Vipond, & Earnshaw, 2004; McCormack, Scott, Go, Ross, & Grant, 2003).

En nuestro país se realiza el esfuerzo de disminuir la recurrencia con el uso de técnicas sin tensión y la aplicación de material protésico; sin embargo, aún no contamos con su implementación en todo el sistema de salud debido causas económicas, carencia de los materiales a emplear, deficiencia en el conocimiento de las técnicas quirúrgicas o por resistencia al cambio de los cirujanos. En Nicaragua no se cuenta con antecedentes de estudios sobre recurrencia de hernias inguinales y sus factores asociados.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Población de estudio**

Estudio de casos y controles. Se efectuó en Departamento de Cirugía mixta del Hospital Humberto Alvarado Vásquez de Masaya, Enero 2003 a Diciembre 2010. Es un hospital regional de segundo nivel de atención, cuya área de cirugía cuenta con 42 camas y un equipo de 9 cirujanos generales. En ese periodo 805 pacientes ingresaron con diagnóstico de hernia inguinal, intervenidos quirúrgicamente por tal patología.



## Selección de casos

Lo conformaron 57 pacientes que fueron operados por hernia inguinal y con reaparición del defecto herniario en el mismo sitio donde se realizó la cirugía. Se excluyeron: menores de 15 años y cirugía de urgencia. Dichos casos se identificaron a partir de los registros de estadística del centro. Los controles fueron escogido por método aleatorio simple entre el grupo que no presentó recurrencia, proporción 2 controles por caso.

## Recolección de datos

Se efectuó una búsqueda en el sistema de registro del departamento de Estadística de los egresados del hospital con diagnóstico de cirugía por hernia inguinal, posteriormente se revisaron los expedientes de dichos pacientes intervenidos quirúrgicamente para establecer los casos y controles, y la información se plasmó en una ficha de recolección de datos.

## Variables

Se estudiaron las siguientes variables: edad, sexo, peso, ocupación, patología asociada, tipo de hernia, tiempo de recurrencia, técnica quirúrgica, material de sutura, tiempo quirúrgico, tiempo estancia intrahospitalaria y complicaciones.

Para determinar el tipo de hernia se utilizó la clasificación de Bendavid, que propone el esquema T.S.D. (tipo, etapa y tamaño en cm).

## Análisis estadístico

Se aplicaron pruebas estadísticas de CHI cuadrada ( $X^2$ ), y ANOVA; se utilizó la razón de probabilidades (OR) con intervalo de confianza 95%. Se empleó el software EpiInfo versión 3.5.2.

## RESULTADOS

En el período de estudio, 805 pacientes se sometieron a cirugías por hernia inguinal, presentándose 57 recurrencias de la patología (7.08%). Fueron seleccionados 57 casos y 114 controles. La distribución por género reveló predominio del sexo masculino en casos y controles, 53(92.98%) y 92(80.71%); el registro del sexo femenino 4(7.02%) y 22(19.29%) respectivamente. Se evidenció mayor riesgo en sexo masculino OR 3.17 (0.96-11.52)  $X^2$ : estadísticamente significativa (ES) (ver Tabla 1).





La edad media ( $\bar{x}$ ) del grupo casos fue 56.12 desviación estándar (DE); 18.28, grupo control  $\bar{x}$ : 48.67, DE; 19.49. En casos el grupo etéreo con mayor distribución >65 años, 25(43.85%), seguido por 45-54 años 10(17.54%); en controles se registró el grupo >65 años 27(23.68%), 55-64 años 22(19.29%). El riesgo de recurrencia de hernia estuvo asociado con mayores de 65 años OR 2.52 (1.21-5.25;  $p=0.007$ ),  $X^2$ : ES.

La ocupación más frecuente, grupo de casos: obrero 22(38.6%), y campesino 15(26.3%); grupo controles el resultado es similar, 41(36%) y 33(28.9%). No se demostró riesgo en ocupaciones obrero OR 1.12 (0.55-2.27) y campesino OR 0.88 (0.40-1.90) intervalo de confianza no estadísticamente significativa (NES). Se presentó patología médica concomitante en 35(20.4%). En grupo casos destacan: hipertrofia prostática 14(24.6%) y obesidad 6(10.5%); igual en grupo control hipertrofia prostática 6(5.3%). La recurrencia de hernia inguinal tuvo asociación con obesidad OR: 17.35 (1.96-395.33;  $p=0.0006$ ),  $X^2$ : ES, y la hipertrofia prostática, OR 2.48 (0.86-7.47;  $p=0.06$ ) NES.

Según el tipo de hernia en grupo casos fueron más frecuentes: T1S3D3 16(28.1%), T2S3D3 9(15.8%), T1S2D3 7(12.3%), T2S2D3 7(12.3%). La mayor distribución en grupo controles correspondieron a: T1S1D2 38(33.3%), T2S1D2 23(20.2%) y T1S1D3 17(14.9). La recurrencia de hernia inguinal tuvo asociación significativa con T1S3D3 OR: 10.73 (3.11-40.62;  $p=0.002$ ) y T2S3D3 OR: 5.16 (1.36 - 21.07;  $p=0$ )  $X^2$ : ES.

En relación a técnica empleada, en grupo casos hubo predominio de: Bassini 23(40.4%) y McVay 18(31.6%) pacientes; en grupo de controles destacaron: Shouldice 30(26.3%) y hernioplastia con malla 29 (25.4%). Se evidenció la relación con recurrencia de hernia inguinal de Bassini OR 2.68 (1.26-5.72;  $p=0.005$ )  $X^2$ : ES, y McVay OR 2.04 (0.92-4.53;  $p=0.053$ )  $X^2$ : NES. La técnica de hernioplastia con malla OR 0.05 (0 - 0.38;  $p=0.0001$ )  $X^2$ : ES, y Shouldice OR 0.27 (0.09-0.79;  $p=0.007$ )  $X^2$  ES demostraron ser factores protectores.

El material de sutura utilizado frecuentemente en grupo casos correspondió a: Nylon 2-0 29(50.9%) y Seda 2-0 12(21.1%). En los controles destacan: Seda 2-0 37(32.5%) y Nylon 2-0 26(22.8%). La recurrencia de hernia tuvo asociación con el hilo Nylon 2-0 OR 3.51 (1.68-7.33;  $p=0.0002$ )  $X^2$ : ES; y el que demostró menor recurrencia fue polipropileno 2-0 con OR 0.19 (0.01-1.47;  $p=0.07$ )  $X^2$ : NES.

La media del tiempo quirúrgico en grupo casos  $\bar{x}$ :50.63 minutos DE; 26.84, y en grupo controles  $\bar{x}$ :41.86 DE; 19.59, prueba de ANOVA estadísticamente significativa ( $p=0.02$ ). El promedio tiempo de



estancia intrahospitalaria en grupos caso y control correspondió a 1.71 día DE; 0.77, y 1.5 día DE; 0.55, respectivamente. Se presentaron complicaciones postoperatorias en 15(8.7%). En las complicaciones inmediatas se obtuvieron en el grupo casos: hematoma 2; en los controles: edema escrotal 1, hematoma 1. Las complicaciones tardías fueron escasas, destacándose en grupo casos infección de herida quirúrgica 5.

El tiempo de aparición de recurrencia de los pacientes intervenidos quirúrgicamente presentó una media  $\bar{x}$ : 2 años DE; 1.02.

Tabla 1.

Variable		Caso	Control	OR (95% IC)	X <sup>2</sup>	P
Sexo						
	Masculino	53	92	3.17 (0.96 - 11.52)	4.42	0.035
	Femenino	4	22	0.32 (0.09 - 1.04)	4.42	0.035
Edad						
	mayor 65	25	27	2.52 (1.21 - 5.25)	7.27	0.007
	menor de 65	32	87	0.40 (0.19 - 0.83)	7.27	0.007
Ocupación						
	Campesino	15	33	0.88 (0.40 - 1.90)	0.13	0.718
	Obrero	22	41	1.12 (0.55 - 2.27)	0.11	0.737
Comorbilidad						
	Hipertrofia prostatica	14	6	2.48 (0.86 - 7.47)	3.43	0.064
	Obesidad	6	1	17.35 (1.96 - 395.33)	11.73	0.0006
Tipo de Hernia						
	T1S3D3	16	4	10.73 (3.11 - 40.62)	22.07	0.002
	T2S3D3	9	4	5.16 (1.36 - 21.07)	8.11	0.004
Técnica Quirúrgica						
	Bassini	23	23	2.68 (1.26 - 5.72)	7.82	0.005
	McVay	18	21	2.04 (0.92 - 4.53)	3.72	0.053



	Shouldice		5	30	0.27 (0.09 - 0.79)	7.14	0.007
	Hernioplastia con malla		1	29	0.05 (0.00 - 0.38)	14.65	0.0001
Material de sutura							
	Nylon 2-0		29	26	3.51 (1.68 - 7.33)	13.64	0.0002
	Seda 2-0		12	37	0.55 (0.24 - 1.24)	2.4	0.121
	Polipropileno 2-0		1	10	0.19 (0.01 - 1.47)	3.09	0.078
Tiempo quirúrgico							
	Promedio (minuto)		50.63 (±26.8)	41.86 (±19.5)			
Tiempo aparición recurrencia							
	Promedio (año)		2 (±1.02)				

## DISCUSIÓN

La tasa recurrencia de hernia inguinal oscila entre 0.2 y 10%, hecho que justifica su interés de estudio a nivel mundial. (Barrat, Surlin, Bordea, & Champault, 2003; Sevoniuss, Gunnarsson, Nordin, Nilsson, & Sandblom, 2009;). La incidencia de recurrencia fue 7.08% en el periodo de estudio, similar a cifras reportadas en contextos de acceso limitado a materiales protésicos y nuevas técnicas endoscópicas. (McCormack, et. al., 2003; Purkayastha, Chow, Athanasiou, Tekkis, & Darzi, 2008; Cheek, Black, Devlin, Kingsnorth, Taylor, & Watkin, 1997). En general las hernias son 5 veces más frecuentes en hombres, y el estudio muestra que el riesgo de recurrencia se triplicó en pacientes del sexo masculino ( $p=0.03$ ).

La ingle es una de las áreas débiles naturales de la pared abdominal, y se le atribuye un debilitamiento muscular posterior a los 50 años. (Schwartz, 1995). Los pacientes mayores de 65 años tuvieron el mayor riesgo de recurrencia ( $p=0.007$ ). Pueden existir diversos factores predisponentes congénitos o constitucionales, donde cobra gran importancia como desencadenante la hiperpresión abdominal que se relaciona con ciertas ocupaciones y patologías; (Lau, et. al. 2007; Rosemar, et. al., 2010) en el estudio predominó el grupo de obreros y campesinos, aunque no demostraron riesgo significativo de recurrencia ( $p>0.05$ ). La obesidad incrementó 17 veces el riesgo de recurrencia ( $p=0.006$ ), hipertrofia prostática fue comorbilidad más frecuente pero su asociación con recurrencia es



NES ( $p= 0.06$ ). Debe enfocarse la reducción de peso en pacientes obesos previo a cirugía de reparación herniaria.

Según tipo de hernias, predominó en recurrencias el T1S3D3 y T2S3D3, hecho fundamentado en que las hernias de mayor tamaño ocasionan destrucción marcada de la pared posterior y tienden a recurrir con mayor frecuencia que las de pequeño tamaño. (Jansen, et. al., 2009; Kingsnorth, & LeBlanc, 2013). Con el advenimiento de técnicas laparoscópicas y el uso de materiales protésicos se han logrado en centros quirúrgicos especializados tasas de recurrencias inferiores al 1%, ocasionando disminución en el empleo de técnicas como Bassini y McVay las cuales presentan tasas de recurrencia de 5-20% y 3-6% respectivamente, por lo que su uso debe limitarse. (Amid, (2005; Slater, Hopkins, & Bailey, 2001). En el estudio se duplicó el riesgo de recurrencia con la técnica de Bassini ( $p=0.005$ ), y McVay ( $p= 0.053$ ) no demostró asociación estadística significativa. Técnica de Shouldice y Lichtenstein (Amato, et. al., 2009; Nienhuijs, Van Oort, Keemers-Gels, Strobbe, & Rosman, 2005) se reportan con recurrencia de 0.6-2.6% y menor a 1% en series internacionales; el estudio evidenció el empleo de ambas técnicas como factores protectores, hernioplastia con malla ( $p= 0.0001$ ), y Shouldice ( $p= 0.007$ ).

El uso de los distintos materiales en la reparación de la hernia inguinal ha interesado a los cirujanos hace varias décadas; una reparación bajo tensión y el uso de material absorbible. (Jansen, et. al., 2009; Vrijland, et. al., 2002) son errores técnicos que deben ser evitados. Se evidenció que el hilo nylon 2-0 aumentó 3.5 veces el riesgo de recurrencia ( $p=0.0002$ ). Los materiales de sutura no absorbibles, de monofilamento, son los que presentan mayores ventajas para evitar recurrencias. (Lichtenstein, Shulman, & Amid, 1993). El uso de polipropileno 2-0 no demostró efecto protector ( $p=0.07$ ).

Los pacientes que presentaron recidiva tuvieron un tiempo quirúrgico prolongado en comparación con el grupo control, prueba ANOVA ES. Algunos autores han destacado que la prolongación del acto quirúrgico eleva el riesgo de infección de la herida operatoria cuando supera los 60 minutos; (Mangram, et. al. 1999; Taylor, et. al., 2004) así mismo, las hernias recurren con más frecuencia cuando hay infección postoperatoria de la herida. En el grupo de casos hubo 5 pacientes con infección de herida, y fueron pocas otras complicaciones (inmediatas y tardías): hematoma, edema escrotal, dolor y parestesia.

La recurrencia temprana ocurre durante los dos primeros años posteriores a la operación inicial y se debe a inadecuada tensión sobre la línea de sutura o error en la técnica quirúrgica, en cambio la recurrencia tardía sucede después de 2 años y resulta del debilitamiento de la pared posterior y metabolismo anormal de colágena. ;(Flum, et. al., 2003; Bisgaard, et. al., 2007). El estudio demostró una



media del tiempo de recurrencia de 2 años DE (1.02), influido por factores mencionados previamente. Los pacientes operados por hernia inguinal deben tener un seguimiento mínimo de 2 años.

Innumerables avances han revolucionado el campo de las hernias inguinales, y dado su complejidad y alto interés se siguen dedicando esfuerzos e innovaciones en la técnica para curar las hernias, para evitar la recurrencia y tratar las mismas.

## REFERENCIAS

- Amato, B., Moja, L., Panico, S., Persico, G., Rispoli, C., Rocco, N., & Moschetti, I. (2009). Shouldice technique versus other open techniques for inguinal hernia repair. *Cochrane Database Syst Rev*, 4.
- Amid, P. K. (2005). Groin hernia repair: open techniques. *World journal of surgery*, 29(8), 1046-1051.
- Arregui, M. E., & Young, S. B. (2005). Groin hernia repair by laparoscopic techniques: current status and controversies. *World journal of surgery*, 29(8), 1052-1057.
- Barrat, C., Surlin, V., Bordea, A., & Champault, G. (2003). Management of recurrent inguinal hernias: a prospective study of 163 cases. *Hernia*, 7(3), 125-129.
- Bisgaard, T., Bay-Nielsen, M., Christensen, I. J., & Kehlet, H. (2007). Risk of recurrence 5 years or more after primary Lichtenstein mesh and sutured inguinal hernia repair. *British journal of surgery*, 94(8), 1038-1040.
- Castillo A, Perea A y cols. (1999). *Consenso. Hernia Inguinal*. Asoc Méx Cir Gral
- Cheek, C. M., Black, N. A., Devlin, H. B., Kingsnorth, A. N., Taylor, R. S., & Watkin, D. F. (1997). Groin hernia surgery: a systematic review. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 80, S1-80.
- Flum D.R, Horvath K. & Koepsell T. (2003). Have outcomes of incisional hernia repair improved with time? A population-based analysis. *Ann Surg* 237(1), 129–135.
- Jansen, P. L., Klinge, U., Jansen, M., & Junge, K. (2009). Risk factors for early recurrence after inguinal hernia repair. *BMC Surgery*, 9(1), 18.



- Lau H., Fang C., Yuen W.K. & Patil, N.G. (2007). Risk factors for inguinal hernia in adult males: a case-control study. *Surgery*, 141(2), 262-6.
- Lichtenstein, I. L., Shulman, A. G., & Amid, P. K. (1993). The cause, prevention, and treatment of recurrent groin hernia. *The Surgical clinics of North America*, 73(3), 529-544.
- McCormack, K., Scott, N., Go, P. M., Ross, S. J., & Grant, A. (2003). Laparoscopic techniques versus open techniques for inguinal hernia repair. *The Cochrane Library*.
- Purkayastha, M. S., Chow, M. A., Athanasiou, M. T., Tekkis, P. P., & Darzi, A. (2008). Inguinal hernia. *Clinical evidence*, 2008.
- Richards, S. K., Vipond, M. N., & Earnshaw, J. J. (2004). Review of the management of recurrent inguinal hernia. *Hernia*, 8(2), 144-148.
- Rosemar, A., Angerås, U., Rosengren, A., & Nordin, P. (2010). Effect of body mass index on groin hernia surgery. *Annals of surgery*, 252(2), 397-401.
- Schwartz, S. y Col. (1995). Principios de cirugía. (6ta. ed.) Interamericana. McGraw-Hill. Vol. 2.
- Sevonius, D., Gunnarsson, U., Nordin, P., Nilsson, E., & Sandblom, G. (2009). Repeated groin hernia recurrences. *Annals of surgery*, 249(3), 516-518.
- Slater, G. H., Hopkins, G., & Bailey, M. (2001). Mesh compared with non-mesh methods of open groin hernia repair: systematic review of randomized controlled trials (Br J Surg 2000; 87: 854–9) and Laparoscopic compared with open methods of groin hernia repair: systematic review of randomized controlled trials (Br J Surg 2000; 87: 860–7). *British Journal of Surgery*, 88(3), 470-471.
- Vrijland, W. W., van Den Tol, M. P., Luijendijk, R. W., Hop, W. C. J., Busschbach, J. J. V., de Lange, D. C. D., ... & Jeekel, J. (2002). Randomized clinical trial of non-mesh versus mesh repair of primary inguinal hernia. *British journal of surgery*, 89(3), 293-297.



## Toxoplasmosis cerebral asociado a VIH-SIDA: Revisión de literatura y reporte de un caso

Zairie Niguelie Cawich, Santiago Hernández Bojorge,  
Olíz Solís Carbajal, Clara González Moncada.  
Autores correspondientes: Tel. (505) 8406925/83768779.  
Correo electrónico: [equinvest3@yahoo.com](mailto:equinvest3@yahoo.com)

### RESUMEN

La toxoplasmosis cerebral es la infección oportunista más común del SNC en pacientes con SIDA. Es la causa del 10 al 50% de las lesiones ocupantes de espacio relacionadas con el HIV. La presentación de una lesión toxoplásmica cerebral como primera manifestación del SIDA no ha sido publicada aún en nuestro país. La toxoplasmosis es una enfermedad oportunista causada por el parásito *Toxoplasma gondii*, que puede ser vehiculizado a través del consumo de carne cruda o mal cocida, con presencia de quistes o al ingerir alimentos y agua contaminados con oocistos. Debido a la asociación de esta parasitosis con el síndrome de inmunodeficiencia humana, actualmente es una enfermedad de gran impacto en la población, debido a que ocasiona una presentación clínica más seria de la enfermedad, con compromiso orgánico múltiple y altas tasas de mortalidad. Se describe el caso de un paciente masculino de 28 años de edad con toxoplasmosis cerebral asociada a virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) estado C3 y convulsiones con hemiplejía del hemicuerpo izquierdo.

**Palabras clave:** Toxoplasmosis, *Toxoplasma gondii*, VIH, SIDA.

### SUMMARY

Cerebral toxoplasmosis is the most common opportunistic CNS infection in AIDS patients. It is the cause of 10 to 50% of space-occupying lesions related to HIV. The presentation of a brain injury toxoplasmosis as the first manifestation of AIDS has not yet been published in our country. Toxoplasmosis is an opportunistic disease caused by the parasite *Toxoplasma gondii*, which can be vehiculizado through the consumption of raw or undercooked meat, with the presence of cysts or by ingesting contaminated food and water with oocysts. Because of the association of this parasitic infection with human immunodeficiency syndrome, it is now a disease of great impact on the population, because it causes a more serious clinical presentation of the disease, with multiple and high mortality rates organ involvement. the case of a male patient 28 years old with cerebral toxoplasmosis associated with human immunodeficiency virus (HIV) status C3 and convulsions with hemiplegia left hemicuerpo described.

**Keywords:** Toxoplasmosis, *Toxoplasma gondii*, HIV, AIDS

### INTRODUCCIÓN

La toxoplasmosis es una infección producida por *Toxoplasma gondii* (*T. gondii*), protozoo intracelular de la subclase Coccidia con amplia distribución en todo el mundo. Se estima que alrededor de un tercio de la población mundial tiene anticuerpos contra este parásito, con variaciones regionales de seroprevalencia. En las personas inmunocompetentes, la infección primaria es generalmente



asintomática, pero persiste en estado latente durante toda la vida (David Botero, 2012). Cuando existe inmunosupresión se puede desarrollar dos tipos de enfermedad: la infección primaria severa y la infección crónica que se recrudece.

El virus de la inmunodeficiencia humana (HIV) provoca una disminución continua de linfocitos CD4+, causando un deterioro lentamente progresivo del sistema inmunológico en las personas infectadas. Una de las consecuencias de este hecho es la aparición de infecciones oportunistas con una importante morbilidad y mortalidad. La toxoplasmosis constituye generalmente una complicación tardía en los pacientes infectados con este virus y usualmente ocurre en pacientes con menos de 100 células T CD4 por  $\mu\text{l}$  (Ivonne Martin-Hernandez, 2003). La infección primaria con *T. gondii* en hospederos inmunodeprimidos resulta en una infección letal diseminada, involucrando diversos órganos y tejidos como tracto gastrointestinal, pulmones, miocardio, cerebro y ojos. Esta infección oportunista aparece aproximadamente en el 15% de estos pacientes y es más común en individuos que viven en el Caribe y en Francia (Wong S. Y., 1993). En pacientes con SIDA se puede producir una reactivación de la infección latente con *T. gondii*, cuya frecuencia depende de su prevalencia en la población general. Entre el 10-50% de los pacientes infectados con VIH y con serología positiva para Toxoplasma desarrollan encefalitis toxoplásmica (ET), con casi un 50% de secuelas neurológicas y cuya mortalidad se acerca al 20%. Estos porcentajes la convierten en la primera infección oportunista más común que afecta al sistema nervioso central (SNC) en pacientes VIH positivos (Gongora-Biachi R. A., 1998).

La mayoría de los casos de toxoplasmosis en enfermos con SIDA que se han reportado se relacionan con infección del sistema nervioso central, afectando el estado mental, la función neurológica, la visión y llegando hasta la muerte (Luft B. J. Hafner R., 1993).

La toxoplasmosis es una infección rara en los niños infectados por VIH y la forma clínica más frecuente suele ser la toxoplasmosis congénita. El riesgo de toxoplasmosis congénita en niños nacidos de madres doblemente infectadas por *T. gondii* y VIH no está bien establecido; sin embargo, no parece existir una diferencia significativa entre los hijos de la mujer infectada por VIH y las no infectadas. La reactivación de la infección por *T. gondii* en la madre durante el embarazo representa un factor de riesgo importante para la transmisión intra uterina (Couvreur J., 1994).





---

## Patogenia

*T. gondii* tiene un ciclo de vida en el hospedero definitivo conocido como enteroepitelial. En el hombre y otros animales hospederos intermediarios, el parásito hace un ciclo incompleto de reproducción asexual donde realiza invasiones extraintestinales, frecuentemente a los músculos y al SNC (Llop, 2001).

El daño producido por *T. gondii* depende del número de taquizoitos que proliferan en las células, de la virulencia de las cepas, el estado puede ocasionar la ruptura de los quistes. La resistencia frente a la infección por *T. gondii* aumenta con la edad, tal es así que los niños desarrollan enfermedad, mientras que los adultos con sistema inmunológico competente presentan anticuerpos contra el parásito, pero permanecen asintomáticos. El parásito tiene antígenos específicos en cada forma de vida que se desarrolla en el huésped. El taquizoito o forma activa tiene antígenos de membrana, citoplasmáticos y de excreción y secreción; estos últimos muy importante para la penetración del microorganismo en las células del huésped (Luna Talavera, 2009).

El parásito penetra la pared intestinal y sigue la vía linfática o hemática, y se disemina a una gran variedad de tejidos. Penetran en las células de forma activa gracias a sus movimientos y a la producción de lisozimas y hialuronidasa; en algunas ocasiones lo hacen por un procedimiento similar a la fagocitosis (Perez Berrios, 2004). Los taquizoitos se reproducen intracelularmente por endodiogénesis, y pasan de célula a célula causándole muerte; esta proliferación constituye la forma activa de toxoplasmosis. En el hospedero inmunodeprimido la respuesta inmune humoral y celular necesaria para controlar la expansión de los taquizoitos está afectada. Este estado inmune alterado conlleva una progresiva destrucción focal que resulta en el fallo del órgano (ejemplo: encefalitis necrotizante, neumonías y miocarditis) (Martín-Hernández, 2003).

En el hospedero inmunocompetente incluso después de la respuesta inmunológica efectiva, no se erradican los microorganismos; se forman algunos quistes en estos órganos desde la primera semana de la infección y permanecen latentes toda la vida del huésped. En los pacientes VIH positivos cuando se produce depresión de su sistema inmune, la proliferación activa de los microorganismos puede causar la reactivación de la enfermedad local y su diseminación. La localización de los quistes se encuentra con preferencia en las células del sistema nervioso central, coriorretina y músculos (esquelético y miocardio). Ocasionalmente los quistes pueden romperse y dejar en libertad los bradizoitos; si son muchos los que



se rompen se produce una reactivación de la enfermedad, que puede ser localizada o generalizada (Martin-Hernandez, 2003).

### **Manifestaciones clínicas**

Los síntomas en los pacientes inmunodeprimidos con toxoplasmosis cerebral pueden ser focales o generalizados, siendo la cefalea, la confusión, la fiebre y convulsiones los más importantes. Clínicamente predomina un síndrome compatible con lesiones ocupantes; son comunes además hemiparesias, deficiencias visuales, hipertensión endocraneana, elementos neurológicos focales, compromiso de pares craneanos, trastornos de la conciencia, alteraciones psíquicas y somnolencia. Raramente se encuentra rigidez de la nuca. La sintomatología es variable dependiendo de la localización de la lesión y su número (McCabe R., 1993). La retinitis toxoplásmica en los pacientes con SIDA se presenta como una retinitis necrotizante, con uno o varios focos blanquecinos o blanco-amarillentos de límites borrosos. La retina se haya engrosada, opaca y sus bordes no son granulares, como los típicos de la retinitis por citomegalovirus, sino homogéneos (Frenkel, 1997).

### **Diagnóstico**

Ante la sospecha clínica de neorotoplasmosis se debe solicitar una Tomografía Axial Computarizada (TAC) de cráneo. El hallazgo inmunológico de una o varias lesiones redondeadas, hipodensas con refuerzo anular post-contraste y edema perilesional reafirma la presunción diagnóstica (Ciricillo S., 1990). Aunque otras enfermedades pueden dar una imagen similar, son menos frecuentes. Los abscesos toxoplásmicas suelen localizarse en la unión cortico-subcortical y ganglio basal, pero pueden verse en otras topografías. Para la confirmación diagnóstica se debe identificar el germen mediante la realización de una biopsia aunque es riesgosa. En la práctica se admite que frente a la sospecha clínico-imagenológica, se inicia el tratamiento específico. La mejoría clínico-radiológica del paciente, en un plazo medio de diez días es un elemento a favor de ese diagnóstico etiológico (Raffi F., 1997). De no tenerse mejoría, se sospecha que la causa de la lesión es otra y está indicado realizar una biopsia por punción aspirativa o a cielo abierto, enviando muestras para estudio al anatomopatólogo y al microbiólogo. La Resonancia Magnética Imagenológica (RMI) es más sensible para detectar pequeñas lesiones que no se visualizan en la TAC (Ammasari A, 1996). Raramente el diagnóstico se hace por



detección del parásito en sangre, líquidos orgánicos o tejidos. Sin embargo, es posible detectarlo por técnicas histológicas y aislarlo en cultivos celulares o por inoculación al ratón. Por la técnica de Acción en Cadena de la Polimerasa (PCR) puede detectarse el ADN de *T. gondii* en tejidos y fluidos corporales. Otras técnicas diagnósticas son Inmunofluorescencia indirecta, ELISA, aglutinación directa, hemaglutinación indirecta, prueba con látex, la prueba de la Toxoplasmina y la prueba de Sabin-Feldman (Botero, 2012).

### Tratamiento

El régimen de elección consiste en pirimetamina (100-200mg de dosis inicial, después 50-100mg/día) + ácido fólico 10mg/día más sulfadiacina 2-8 g/día por vía oral mantenido durante al menos seis semanas (Valdes M., 1996). Aunque esta combinación puede causar disminución de glóbulos blancos y problemas renales, es muy efectivo en contra de la toxoplasmosis. Más del 80% de las personas muestran mejorías después de 2-3 semanas de tratamiento (Payen MC, 1997).

La más activa de las sulfamidas es la sulfadiacina, que se comporta de forma sinérgica con la pirimetamina, pudiendo además sustituirse por sulfonamidas triples (sulfameracina y sulfametacina) (Podzamczar D, 1998).

### REPORTE DE CASO

Paciente masculino de 28 años de edad, con antecedentes de etilismo de 6 años de evolución y consumo de drogas ilícitas, fue ingresado el 12/10/2012 por presentar cefalea frontooccipital derecha de grado 7. Su historia revela vértigo y cefalea de una semana de evolución y una convulsión tónico-clónica con pérdida de la conciencia. Después de la crisis epiléptica el paciente refirió una sensación de adormecimiento del hemicuerpo izquierdo acompañado con vértigo, otalgia derecha y disartria. Una vez internado en el hospital la severidad de la hemiparesia fue aumentando y se agregó a la sintomatología diarrea con ausencia de pus, moco o sangre. En la exploración física se detectó hemiparesia de 2/5 en el miembro superior izquierdo y de 3/5 en el miembro inferior izquierdo; también se observó la presencia de onicomiosis en todas las uñas de las manos y de los pies y papiledema. El estudio con Tomografía Axial Computarizada (TAC) reveló una lesión ocupante de espacio de 13mm x 10mm en el área subcortical del lóbulo parietal, con capsula formada y edema perilesional, sin comunicación con sistema



ventricular; las cisternas perimesencefálicas estaban permeables (Fig. 1). Dentro de los antecedentes patológicos del paciente destacaban la amebiasis intestinal, neumonía, bronquitis y candidiasis orofaríngea, patologías secundarias al Virus de Inmunodeficiencia adquirida (VIH), diagnosticado en el año 2007. Se inició tratamiento con antirretrovirales (paciente había abandonado tratamiento hace tres meses), sulfadiacina, difenilhidantoina, fluconazol y ketoconazol. El paciente evolucionó satisfactoriamente al manejo médico y fue dado de alta después de su recuperación.



Fig. 1. Toxoplasmosis cerebral. TAC simple de hombre de 28 años de edad que presento cefalea, hemiparesia izquierda y convulsión; la imagen muestra lesión ocupante de espacio en el área subcortical del lóbulo parietal.

## DISCUSIÓN

La toxoplasmosis asociada a *T. gondii* es una de las infecciones oportunistas más frecuentes del sistema nervioso central en pacientes con SIDA, llegando a ser la causa de 10 a 50% de los casos (Perez Berrios J, 2004). Al ser éste un parásito intracelular obligado, se multiplica en células nucleadas, donde



---

puede persistir durante años en forma de quiste, (Social, 2008) constituyendo un estado de infección latente, generalmente asintomática y que en pacientes con VIH puede reactivarse a razón del déficit inmune. Se ha publicado que más de dos tercios de estos pacientes tendrán un compromiso neurológico, y que la mitad de ellos podría desarrollar una masa intracraneal, (Social, 2008) reportándose hasta en un 10% de los casos en los Estados Unidos de América y hasta un 50% en Europa y África. La tendencia siempre ha sido que en estos pacientes se inicie una prueba terapéutica para toxoplasmosis en caso de presentar una lesión cerebral única. Para los pacientes sin mejoría clínica o radiológica bajo tratamiento por toxoplasmosis, se ha propuesto como método diagnóstico a seguir la biopsia cerebral abierta, ya que debemos recordar que el linfoma primario del SNC se encuentra también en estos pacientes, siendo de hecho la segunda causa más frecuente de lesiones cerebrales, sin olvidar también a la criptococosis.

En este caso, el diagnóstico se confirmó con los estudios imagenológicos, con el cuadro clínico del paciente y con la epidemiología, ya que él laboraba en una fábrica de ropa en donde convivía con decenas de gatos domésticos. El diagnóstico de VIH se había hecho en el año 2007, lo que facilitaba la sospecha diagnóstica.

En nuestro medio, solo contamos con la tomografía axial computadorizada (TAC) como herramienta diagnóstica de imágenes en forma rutinaria; reservándose la resonancia magnética nuclear (RMN) para casos que se consideren más complicados, de mayor dificultad diagnóstica desde el punto de vista de sospecha etiológica inicial y de su localización o extensión intracraneana.

Las lesiones toxoplásmicas parecen tener como características imagenológicas una localización más periférica, la presencia del signo del blanco excéntrico, ausencia de compromiso del cuerpo caloso, una pared uniforme, así como un marcado edema y la presencia de más de una lesión (Abosh A, 1991). De todas maneras, está documentada la similitud de los hallazgos imagenológicos en los pacientes con toxoplasmosis y linfoma, lo que dificulta su diferenciación (Hoffman J, 1993). La tomografía por emisión de positrones (SPECT por sus siglas en inglés) con el uso de talio-201, parece ser altamente específico para linfoma del SNC, pero poco sensible en casos de lesiones necróticas. Por otro lado, la tomografía por emisión de positrones (PET por sus siglas en inglés) si ha demostrado una gran utilidad para el diagnóstico y seguimiento del linfoma primario del SNC por ser ésta una lesión hipermetabólica (Rosenfeld S, 1992). Se realizó una búsqueda por medio del internet sobre otros casos en Nicaragua de presentación del SIDA con un absceso toxoplásmico único sintomático, cefalea y crisis motoras focales, no encontrándose otro reportado.



## Agradecimientos

Al personal de la unidad de radiología e infectología del Hospital Escuela Dr. Roberto Calderón Gutiérrez-Managua, Nicaragua. Agradecemos especialmente a la profesora principal de microbiología y parasitología de la UNAN-Managua, Dra. Clara Isabel González Moncada, por monitorear el trabajo investigativo.

## REFERENCIAS

- Abosh A, P. L. (1991). Correlation Between Pre-operative Imaging Characteristics and Biopsy Diagnosis for Enhancing Intra-axial Lesions in AIDS Patients. *AANS.org Libray Abstract* , 15991.
- Ammasari A, M. R. (1996). *Toxoplasma gondii*: An update on diagnosis and treatment. *Springer* , 209-222.
- Ciricillo S., R. M. (1990). Use of CT and MR imaging to distinguish intracranial lesions and to determine the need for biopsy in AIDS patients. *J Neurosurg* , 720-4.
- Couvreur J., T. P. (1994). Manual de enfermedades infecciosas. In *Infecciones obstetricas perinatales* (pp. 160-81). Mexico: Mosby Doyma Libros.
- David Botero, M. R. (2012). *Parasitosis Humana*. Medellin, Colombia: Corporacion para Investiagaciones Biologicas.
- Frenkel. (1997). Toxoplasmosis. In *Tratado de Infectología* (pp. 1290-305). Sao Paulo: Atheneu.
- Gongora-Biachi R. A., G.-M. (1998). Anticuerpos contra *Toxoplasma gondii* en pacientes con VIH en Yucatan. *Rev Invest Clin* , 419-22.
- Hoffman J, W. H. (1993). Differentating Lymphoma from Nonmalignant Central Nervous System Lesions in Patients with AIDS. *J Nucl Med* , 567-575.
- Ivonne Martin-Hernandez, S. M.-I. (2003). Toxoplasmosis: infeccion oportunista en pacientes con el sindrome de inmunodeficiencia adquirida. *Rev. Biomed* , 14:101-111.



- 
- Perez Berrios, L. C. (2004). Toxoplasmosis cerebral como manifestacion de Sindrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA). *Neuroeje* , 52-55.
- Llop, V.-D. Z. (2001). *Microbiologia y Parasitologia Medicas Tomo III*. Habana: Editorial Ciencia Medicas.
- Luft B. J. Hafner R., K. A. (1993). Toxoplasmic encefalitis in patients with acquired immunodeficiency syndrome. *N England J Med* , 995-1000.
- McCabe R., C. V. (1993). Issues in toxoplasmosis. *Infect Dis N A* , 587-604.
- Payen MC, D. S. (1997). A controlled trail of diapson versus pyrimethamine-sulfadoxine for primary prophylaxis of *Pneumocystis carinii*, pneumonia and toxoplasmosis in patients with AIDS. *Biomed Pharm* , 51:439-45.
- Perez Berrios J, C. C. (2004). Toxoplasmosis cerebral como manifestacion de inmunodeficiencia adquirida (SIDA). *Neuroeje* , 52-55.
- Podzamczar D, M. J. (1998). Thrice-weekly vs. daily sulfadiazine- pyrimethamine (SP) for maintenance therapy of toxoplasmosis encephlitis (TE). *Conference on Retroviruses and Opportunistic Infections, Chicago, IL* , 468.
- Raffi F., A. J. (1997). A prospective study of criteria for the diagnosis of toxoplasmic encephalitis in 186 AIDS pacientes. *AIDS* , 177-84.
- Rina Liliana Luna Talavera, J. S. (2009). Toxoplasmosis cerebral asociada a VIH-SIDA:Reporte de un caso. *Medigraphic* , 283-285.
- Rosenfeld S, H. J. (1992). Studies of Primary Central Nervous System Lymphoma with Fluorine-18 fluorodeoxyglucose Positron Emission Topography J. *Nucl Med* , 532-536.
- Social, M. d. (2008). Plan Nacional de Respuesta ante el VIH y el SIDA . *ONUSIDA* , 1-63.
- Valdes M., D. A. (1996). Actualidades en el tratamiento y profilaxis de la toxoplasmosis. *Rev Cubana Med Gen Inegr* , 4-6.



## Eficacia de la semilla de *Moringa oleífera* en el aclaramiento del agua

Santiago Hernández Bojorge, Zairie Niguelie Cawich,  
Marisol Gómez Lejarza, Clara González Moncada.

Laboratorio de Microbiología y Parasitología,  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua)

### RESUMEN

El proyecto investigativo fue llevado a cabo en el Laboratorio de Microbiología y Parasitología de la UNAN-Managua y en el Laboratorio Nacional de Residuos Biológicos del MAGFOR con el objetivo de determinar la eficacia de la semilla del árbol *M. oleífera* para el aclaramiento del agua por medio de la comparación de los aspectos microbiológicos y fisicoquímicos del agua del Lago de Nicaragua (obtenida en la comarca de El Menco, Rivas), antes y después del tratamiento con una dosis de 1000 mg/Lt de la semilla de *M. oleífera*. El examen fisicoquímico no demostró variaciones entre las concentraciones de iones presentes en el agua pre y post tratamiento con la semilla. Los exámenes microbiológicos revelaron que *M. oleífera* es capaz de inhibir el crecimiento de *Salmonella choleraeruis* del grupo C<sub>1</sub> en Mac Conkey agar y *Staphylococcus Spp.* en agar sangre, así como *Escherichia coli enteropatogena* en Sorbitol Mac Conkey agar. La observación al fresco del agua pre-tratamiento y post-tratamiento con la semilla mostró una remoción total de microorganismos. La dosis ideal para clarificar las aguas de Lago Cocibolca fue de 1000 mg/Lt con un tiempo de exposición a la semilla de media hora. Se recomendó la aplicación del método de filtración por grava en la comarca de El Menco para maximizar el efecto de la semilla de *M. oleífera* y producir agua potable a partir de agua impura.

**Palabras clave:** *Moringa oleífera*, coagulación-floculación, purificación, coagulante natural.

### ABSTRACT

This study was done at the Microbiology and Parasitology laboratory of UNAN-Managua and at the National laboratory of Biological Residues (MAGFOR). The main objective was to determine the efficiency of the seed as a natural coagulant by making a comparison between the microbiological and physicochemical properties of water samples taken from the Lake of Nicaragua (El Menco, Rivas) before and after the treatment with 1000 mg/Lt of the seed. The results of the physicochemical test did not showed any relevant variations of the ion concentration, before and after the treatment with the seed. The results of the microbiological test showed that *M. oleífera* inhibits the growth of Group C *Salmonella choleraous*, *Staphylococcus Spp.* and enteropatogenic *Escherichia coli* in Mac Conkey agar, blood agar and Sorbitol Mac Conkey agar, respectively. The optimum dosage of *M. oleífera* used to clarify the water from the Lake of Nicaragua was 1000mg/ml. Each solution was allowed to stand for thirty minutes so that any remaining solid could settle. The use of biosand filters was recommended at El Menco, Rivas, to improve the performance of *M. oleífera* alone.





## INTRODUCCIÓN

En el presente siglo se estima que 1.1 billón de personas no tienen acceso a agua potable. Un gran porcentaje de este número habita las regiones rurales de países en vías de desarrollo (WHO, 2007). Son las pequeñas comunidades que se enfrentan con dificultades de este tipo, debido al manejo inadecuado de las reservas de agua. Este problema pone en riesgo a los consumidores de padecer de infecciones transmitidas por aguas contaminadas. En países en desarrollo con problemas en el abastecimiento de agua potable para consumo humano se pueden prevenir las infecciones entéricas por medio del tratamiento de agua con coagulantes, métodos físicos y químicos para la purificación del agua. Son muchos los coagulantes usados de forma rutinaria para la producción de agua purificada. Una sal inorgánica, el sulfato de aluminio, es el coagulante más utilizado en el tratamiento de agua debido a su alta eficacia y bajo costo.

Recientemente se están utilizando una cantidad considerable de polímeros orgánicos sintéticos debido a su eficacia y bajo costo. Sin embargo, se ha reportado que el aluminio que es el mayor componente de alum y de cloruro de poli aluminio, podría inducir a la enfermedad de Alzheimer (Dalton, 1973). También se reportó que monómeros de polímeros orgánicos sintéticos como la acrilamida tienen efectos neurotóxicos y fuertes propiedades carcinogénicas (Mccollister D. D., 1964). Los coagulantes naturales son biodegradables y presuntamente son seguros para la salud humana. Varios estudios han sido realizados con el extracto de *M. oleífera* como alternativa de purificación de aguas. *M. oleífera* conocida comúnmente como “marango” es una arbustiva oleaginosa originada de la India y tradicionalmente utilizada en países asiáticos y africanos como alimento humano y animal, con propiedades especiales para la recuperación de las personas desnutridas y prevención de la ceguera. Las propiedades nutritivas de *M. oleífera* le han cobrado una gran importancia en la producción de biodiesel, etanol, aceite, biomasa y fertilizante orgánico (Duke, 1983). Estudios recientes también comprobaron que el extracto de la semilla de esta planta tiene propiedades anti-cianobacterianas (Lurling, 2010).

El extracto de la semilla de *M. oleífera* posee una propiedad coagulante natural que le confiere la capacidad de purificar aguas turbias (Mkandawire, 2009). La mezcla del coagulante, cargado positivamente, con agua impura comprime la bicapa de las partículas coloidales flotando en ella y produce la neutralización del potencial electrostático de superficie de las partículas. Estas partículas desestabilizadas se unen unas con otras para formar estructuras sólidas conocidas como flóculos que descienden hasta el fondo del recipiente por la fuerza de la gravedad. Los microorganismos patógenos

adheridos a estas partículas coloidales descienden con los flóculos y de esta manera se aclara el agua de suciedad y de microbios (Bache, 2007). En el presente estudio no solamente se cuantifica la capacidad purificante de microorganismos patógenos que tiene el extracto de la semilla de *M. oleífera* sobre aguas impuras, sino que también se pone en práctica para producir aguas aclaradas en las áreas rurales de Nicaragua.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Preparación del polvo y pasta con la semilla de *M. oleífera*

Las semillas de *M. oleífera* fueron descascaradas a mano y maceradas en un crisol estéril hasta conseguir un polvo fino (*fig. 1*) que fue mezclado con agua hasta obtener una pasta homogénea, para utilizarla se mescló con 10cc de agua y la solución fue agitada por 10 min a través de rotadores especiales para mezclar líquidos (RotoMix Type 48200 Johns Scientific Inc.), quedando lista para utilizarlo.

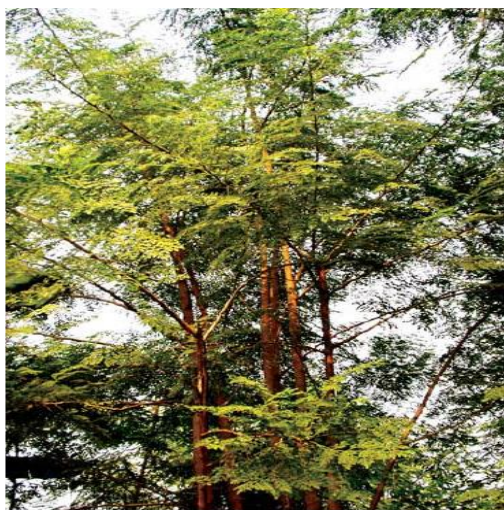


Fig. 1. *Moringa oleífera* (árbol, vaina y semilla antes de descascarar, semilla después de descascarar y maceradas, polvo)



---

## Toma de muestra de agua

Para valorar los diferentes parámetros en el agua se analizaron diferentes tipos de muestras. Con el propósito de comprobar la capacidad floculante de la semilla de *M. oleífera* se obtuvieron 3 Lts de agua de la pileta del Departamento de Biología de la UNAN-Managua. Se recolectaron 3 galones de agua de la zona costera de El Menco-Buenos Aires, Rivas en tres puntos estratégicos y en tres ocasiones diferentes. Para llevar a cabo la toma de muestra se siguieron las normas establecidas por la Organización Panamericana de la Salud (Vera, 1996).

## Floculación

Se ha reportado que el grado de floculación de las aguas impuras tratadas con la semilla de *M. oleífera* aumenta a medida que incrementa la turbidez y la temperatura del agua (M. Pritchard T. C., 2010). La muestra de agua tomada de la pileta fue distribuida en cinco frascos de Erlenmeyer. Cada frasco fue llenado con 1500 ml de agua pre tratamiento y tratado con dosis distintas de semilla de *M. oleífera* (500 mg/Lt, 1000 mg/Lt, 1500 mg/Lt, 2000 mg/Lt y 2500 mg/Lt). La muestra de agua tomada del Lago Cocibolca fue expuesta a 3 dosis de semilla (500 mg/Lt, 1000 mg/Lt y 1500 mg/Lt). Después de haber posado por 30 minutos se observó la formación de flóculos y se registraron las características de los flóculos en relación al tiempo de exposición a la semilla a través del índice de Willcomb (Valencia, 1992).

## Análisis Físicoquímico

En el Laboratorio Nacional de Residuos Biológicos del MAGFOR se determinó la concentración iónica del agua pre y post tratamiento con la semilla de *M. oleífera* a través de espectrofotometría de absorbencia atómica de rápida secuencia. También se determinó la dureza, concentración de cloruros y de sólidos totales a través de métodos de laboratorio específicos para su detección.

## Coliformes totales y fecales

El agua del Lago Cocibolca pre tratamiento y post tratamiento (con dosis de 500mg/Lt, 1000mg/Lt y 1500mg/Lt) con la semilla de *M. oleífera* fue inoculada en agar Sangre, Mac Conkey agar, agar



Salmonella/Shigella y Sorbitol Mac Conkey agar utilizando una asa calibrada (factor de 0.001) con el objetivo de determinar la cantidad, morfotipo e importancia epidemiológica de los microorganismos presentes en las muestras pre y post tratamiento con la semilla. Este mismo procedimiento se llevó a cabo con el agua de la pileta a una dosis de 2000 mg/Lt con el objetivo de comparar la acción floculante de la semilla a distintas dosis en aguas de diferente turbidez. Ambas muestra de agua se analizaron antes y después de haber pasado por un proceso de filtración con papel filtro. Los platos petri inoculados con agua fueron incubados a 37°C por 24 hrs. Las Unidades Formadoras de Colonias (UFC), por 100 ml de agua destilada, que crecieron en los distintos medios de cultivo se cuantificaron a través de un estereoscopio (Bauch & Lome) y un contador manual de laboratorio.

### **Detección de microorganismos a través de microscopia**

El sedimento del centrifugado del agua pre y post tratamiento con la semilla de *M. oleífera* fue analizada al fresco con el microscopio óptico. Las colonias bacterianas que crecieron en el agar sangre inoculado con agua pre y post tratamiento con la semilla fueron teñidas con la tinción de Gram y después fueron observadas al microscopio óptico.

### **Propiedad Antibacteriana de la semilla de *M. oleífera***

Tres soluciones de 100 ml de agua destilada con distintas concentraciones de *M. oleífera* (0.2g, 0.4g y 0.6g, respectivamente) fueron impregnadas en tres triángulos de papel filtro que fueron colocados sobre un plato petri inoculado con *E. coli*. Después de haber pasado un periodo de incubación de 24 hrs se observaron los halos de inhibición que se formaron alrededor de cada uno de los triangulo de papel filtro impregnados con distintas concentraciones de *M. oleífera*.

### **Dosis de la semilla y su tiempo de exposición al agua**

El pH del agua pre tratamiento y del agua post tratamiento con distintas dosis fue detectado con un pHí metro (CRISON pH-Meter Basic 20+). Se reportó la concentración y el tiempo de exposición a la semilla más apropiado para que se lleve a cabo la coagulación de partículas coloidales.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Remoción de la turbidez y capacidad floculante

La observación macroscópica de los frascos con agua de la pileta del Departamento de Biología de la UNAN-Managua, tratados con 1500 mg/Lt de semilla de *M. oleífera*, mostraron un aclaramiento gradual del agua en relación al tiempo de exposición a la semilla. (fig. 2). En el agua pre tratamiento se observó flóculos bien formados que se depositaron completamente en la base del frasco, dejando el agua sobrenadante totalmente cristalina; esto corresponde a un grado 10 de floculación según el índice de Willcomb. Estos resultados concuerdan con los de otras bibliografías ya publicadas (M. Pritchard T. M., 2009) en donde se demostró que la semilla de *M. oleífera* es capaz de flocular las impurezas de aguas turbias.



(a) Agua pre tratamiento



(b) Agua post tratamiento

Fig. 2. Remoción de turbidez del agua y formación de flóculos

### Análisis fisicoquímico

El examen fisicoquímico no demostró variaciones considerables entre las concentraciones de iones presentes en el agua pre tratamiento y post tratamiento con la semilla. Los cloruros, sólidos totales y la dureza aumentaron ligeramente en el agua post-tratamiento en relación con el agua pre-tratamiento, probablemente por el aumento de contenido orgánico derivado del polvo de la semilla. La concentración de sodio, cobre, cadmio, plomo y de zinc disminuyeron en el agua post tratamiento. Todas estas variaciones entre las concentraciones iónicas del agua pre tratamiento y post tratamiento con la semilla



de *Moringa oleífera* fueron mínimas o no detectables. El problema que implica el uso del extracto crudo en el tratamiento de agua es la liberación de materia orgánica y nutriente por la semilla hacia el agua, que alteran las propiedades organolépticas de esta. Se ha reportado que el extracto crudo aumenta el contenido orgánico, de nitrato y fósforo, que contiene el agua, mientras que *Moringa oleífera* purificada no influye en la composición química del agua (Ndabigengesere A, 1998; Okuda T, 2001).

### Detección de coliformes totales, fecales y otras bacterias

La presencia de coliformes totales, fecales en el agua pre y post tratamiento con la semilla de *M. oleífera* se refleja en la *tabla 1*. Por ejemplo, en el agar sangre inoculado con agua pre tratamiento se detectaron 161,000 UFC/100 ml mientras que en el agua post tratamiento con una dosis de 1000 mg/Lt se cuantificaron 70,000 UFC/100 ml. A esta concentración se cuantificó la menor cantidad de Unidades Formadoras de Colonia (UFC) en agar sangre, Mac Conkey agar, agar Salmonella/Shigella y SMAC agar (*Tabla 1 y 2*).

**Tabla 1. Determinación de coliformes totales y otras bacterias en el agua del lago Cocibolca**

Concentración de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> en agua	UFC/100ml en agar sangre	UFC/100ml en Mac Conkey agar.
Agua pre-tratamiento	161,000	4,000
500 mg/Lt	73,000	4,000
1000 mg/Lt	70,000	0
1500 mg/Lt	>100,000,000	2,000

Nota: Reporte de laboratorio de Microbiología. Pre y post tratamiento con la semilla de *Moringa oleífera* durante el período de agosto a septiembre del 2012, El Menco.

**Tabla 2 Identificación de coliformes fecales y ECEP en muestras de agua del Lago Cocibolca**

Concentración de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> en agua	UFC/100ml en agar Salmonella/Shigella	UFC/100ml en SMAC agar.
Agua pre-tratamiento	Positivo	9,000
500 mg/Lt	Negativo	0
1000 mg/Lt	Negativo	0
1500 mg/Lt	Positivo	0

Nota: Reporte de laboratorio de Microbiología. ECEP: *Escherichia coli* entero patógena. Pre y post tratamiento con la semilla de *Moringa oleífera* durante el período de agosto a septiembre del 2012, El Menco.

**Tabla 3 Determinación de Coliformes totales y fecales y otras bacterias en agua de la pileta del Departamento de Biología de la UNAN-Managua,**

Concentración de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> en agua	UFC en agar sangre	UFC en Mac Conkey agar.	Presencia de salmonella y/o Shigella en agar Salmonella/Shigella	UFC en SMAC agar.E.E.P.
Agua pre-tratamiento	>100,000,000	7,000	Presencia	9000
2000 mg/Lt	124,000	1,000	Negativo	0

UFC (Unidades Formadoras de Colonias) Fuente: Reporte de laboratorio de Microbiología. Pre y post tratamiento con semilla del árbol *Moringa oleífera* durante el período de agosto a septiembre del 2012, El Menco.



La identificación de la especie de *Salmonella* que creció en agar Salmonella/Shigella se llevó a cabo por medio del Kit Wellcolex Colour Salmonella. Estos resultados indican que la semilla de *Moringa oleífera* inhibe el crecimiento de *Salmonella choleraeruis* y por ende tiene la capacidad de prevenir su transmisión por medio del agua en niños y ancianos. El agua del Lago Cocibolca pre tratamiento y el agua de la pileta pre tratamiento resultaron coagulasa positivos. Estos resultados sugieren que el agua del Lago Cocibolca, pre tratamiento con la semilla de *M. oleífera* posee una amplia variedad de bacterias del género *Staphylococcus aureus*, responsable de numerosas infecciones piógenas, como los forúnculos, carbuncos y abscesos. La dosis ideal para el agua del Lago Cocibolca (1000mg/Lt) disminuyó considerablemente la cantidad de este tipo de bacterias. El crecimiento bacteriano en Sorbitol-Mac Conkey agar sugiere la presencia de *Escherichia coli enteropatógena* en el agua pre-tratamiento con la semilla, responsable de cuadros diarreicos agudos en los consumidores de agua pre-tratamiento. Los resultados de las medidas espectrofotométricas reflejaron que una dosis de 1500mg/Lt en el agua de la pileta es la dosis ideal para remover su turbidez al máximo. El efecto coagulante de todas las concentraciones utilizadas mejoró después de filtrar el sobrenadante con papel filtro (figura 3).

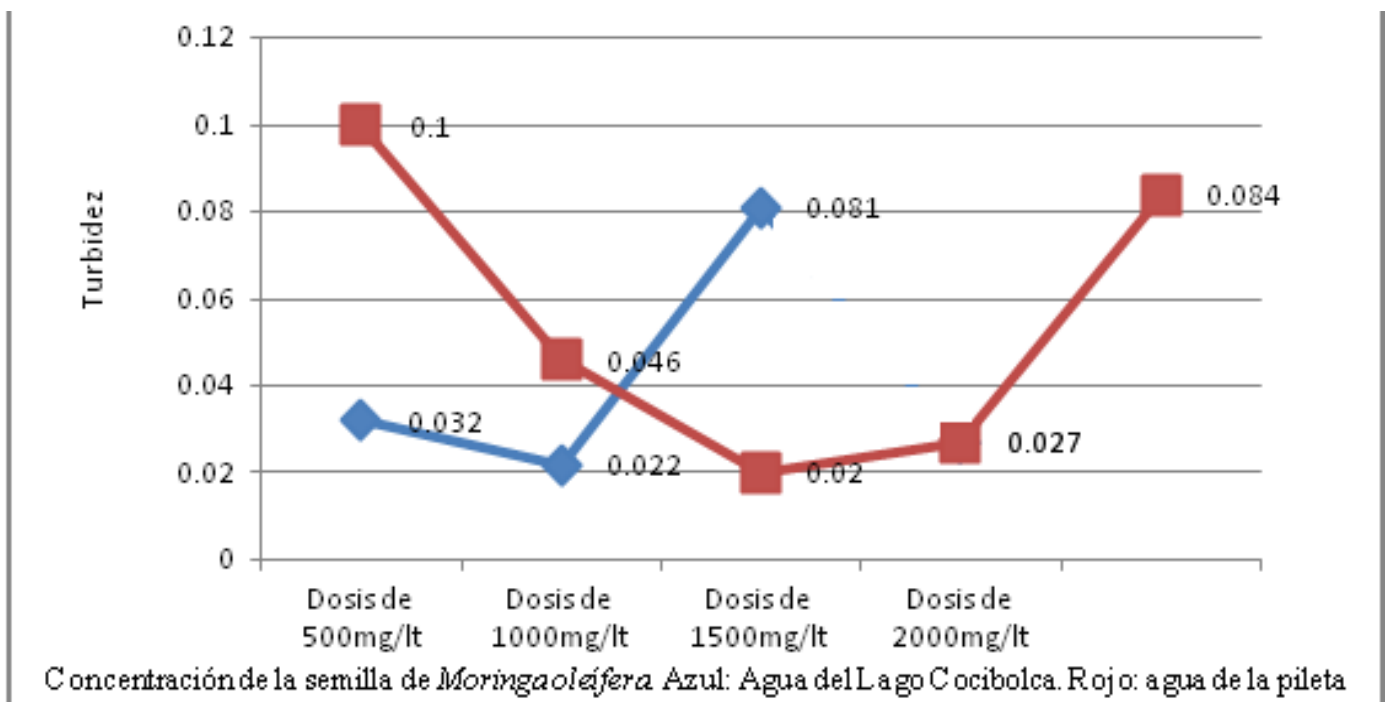


Fig. 3. Comparación de la turbidez del agua de la pileta del Departamento de Biología





### Remoción de microorganismos patógenos

La observación directa al fresco del sedimento del agua pre-tratamiento con la semilla de *M. oleífera* demostró abundantes microorganismos como: *Rodiolarios Spp.*, *Clamidomonas Spp.*, *Paruroleptus Spp.*, *Giardia lamblia.*, *Acanthocystis turfatae*, *Westella Spp.*, Huevos de erizos, *Diatomeas Spp.*, *Navicula Spp.*, *Diatomeas Spp.*, Huevos de *Trichiuria trichuris*, *Westella Spp.*, *Merismopedia chroococcales*, *Synedra Spp.*, *Cyclotella-diatomea de agua dulce*, *Actinopodo Spp.*, *Euglena Spp.* En el sobrenadante del agua post tratamiento con la semilla, a distintas concentraciones, se observó abundante detritus y gotas de grasa, pero no se logró reconocer ningún microorganismo móvil o inmóvil, ya que hubo una remoción total de estos (figura 4).

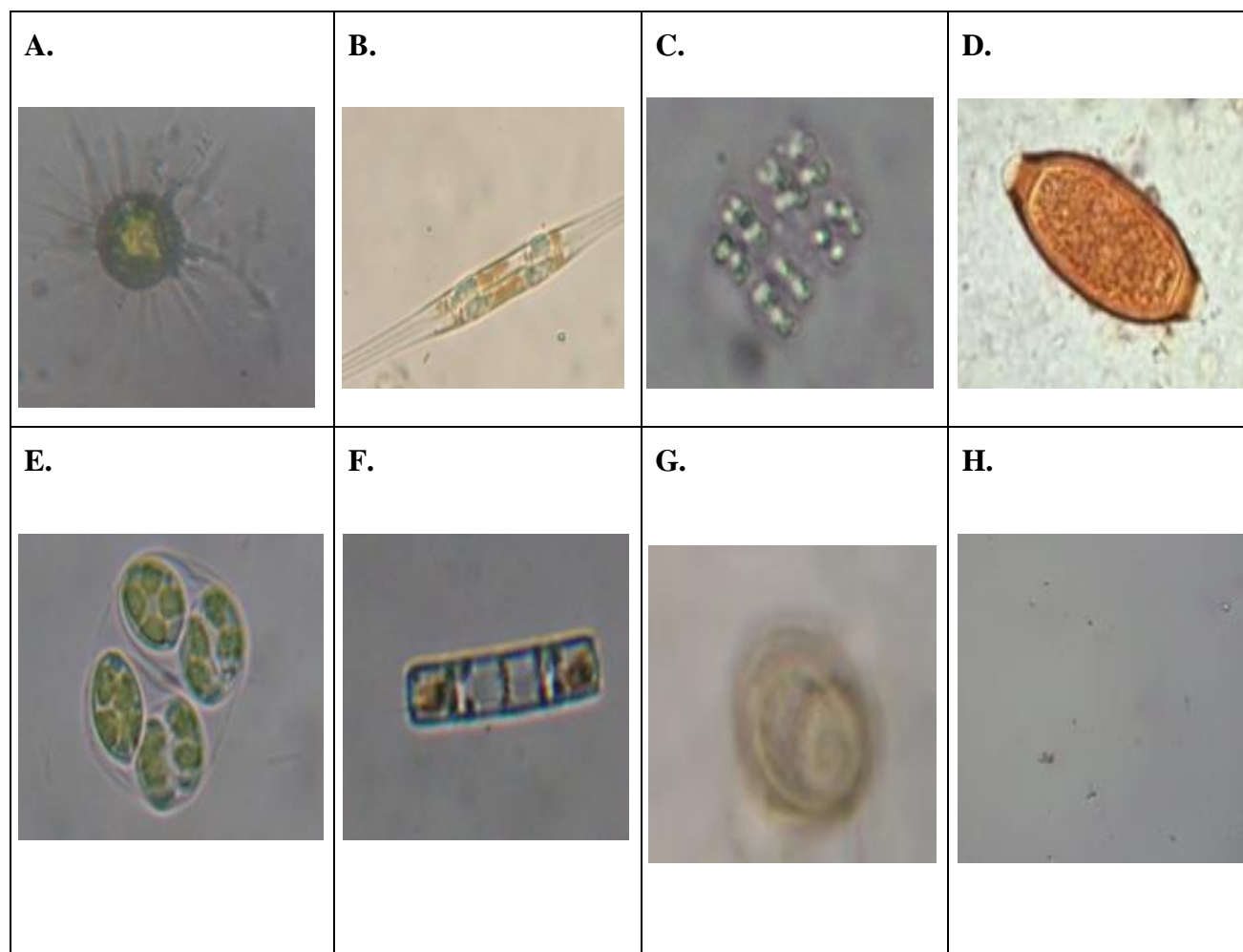


Fig. 4. *Acanthocystis turfatae* (B) *Synedra Spp.* (C) *Merismopedia chroococcales* (D) Huevo de *Trichiuria trichuris* (E) *Westella Spp.* (F) *Diatomeas Spp.* (G) Huevo de *Giardia lamblia* (H) Observación al fresco de agua post-tratamiento con la semilla de *Moringa oleífera* (40x)



Estos resultados confirman la teoría de Ramachandran, Peter, V., & Gopalakrishan, 1980, la cual indica que el polvo de la semilla de *M. oleífera* actúa como un coagulante que une las partículas coloidales y a los microorganismos para formar una aglomeración de partículas que forman un sedimento en la parte inferior del recipiente y que permite extraer el sobrenadante clarificado. La tinción de Gram realizada a partir de las colonias bacterianas que crecieron en los medios de cultivo demostró que hubo más morfotipos bacterianos en las colonias del agua pre-tratamiento que en las colonias del agua post-tratamiento. En el agua pre-tratamiento se detectaron *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Diplococcus* Gram positivos, así como bacilos gramnegativos; en el agua post-tratamiento con la semilla se detectaron solamente *Staphylococcus* spp. y *Streptococcus* spp.

### **Formación de halo de sensibilidad**

El papel filtro impregnado con 0.04 mg de *M. oleífera* diluido en 100 ml formó un halo de inhibición de tres milímetros de diámetro frente a la bacteria *Escherichia coli*. Esto revela que el extracto de la semilla de *M. oleífera* tiene la capacidad de inhibir el crecimiento de coliformes fecales. El efecto antimicrobiano de los extractos de *M. oleífera* se debe a los isotiocinatos (compuestos principales de las semillas y las raíces), incluyendo al benzyl isotiocinato y al 4-( $\alpha$ -L-rhamnosyloxy)benzil isotiacinato, a como demostró Horwath, 2011.

### **Tiempo de exposición al agua y dosis óptima**

Una dosis de mil miligramos por litro de agua resultó muy eficaz para clarificar aguas impuras de fuentes naturales. Una dosis de 500mg/Lt resultó poco concentrada y eficaz en el tratamiento de agua del Lago Cocibolca; puede ser que esta dosis de semilla no fue suficientemente efectiva para flocular las partículas coloidales y las bacterias suspendidas en un litro de agua. Una dosis de 1500mg/Lt fue una dosis que revirtió la acción floculante de la semilla. Esta dosificación aumentó la turbidez el número de Unidades Formadoras de Colonias en agar sangre con relación al agua pre-tratamiento con la semilla de *M. oleífera*. El tratamiento de aguas estancadas con la semilla de *M. oleífera* resultó especialmente eficaz (Tabla 3), ya que el agua de la pileta del Departamento de Biología de la UNAN-Managua, post-tratamiento con la semilla de *M. oleífera* desarrolló una mínima cantidad de UFC en comparación con el



agua pre tratamiento. La capacidad floculante de *M. oleífera* mejora a medida que aumenta la turbidez y la temperatura del agua tratada, aunque también se tenga que aumentar la dosis de semilla, a como afirma M. Pritchard, 2010. La capacidad coagulante de la semilla no era sensible a las fluctuaciones de pH, cuando todas las demás condiciones eran óptimas. El nivel de aclaramiento más alto, determinado a través de la medición de la turbidez del agua, fue a un pH de 7.74. Las condiciones alcalinas fueron más favorables que las acídicas y el tiempo de exposición al agua más adecuado fue de media hora. Mientras más alta fue la temperatura del agua, más efectiva fue la coagulación.

## CONCLUSIONES

Se confirmó que la semilla de *M. oleífera* es un potente agente coagulante y floculante de partículas coloidales suspendidas en aguas impuras. Con una dosis óptima de 1,500 mg/Lt para el agua de la pileta y 1000mg/Lt para el agua del lago Cocibolca, hubo una excelente floculación según el índice de Willcomb.

El examen fisicoquímico no demostró variaciones entre las concentraciones de iones presentes en el agua pre y post tratamiento con la semilla.

Mediante el análisis microbiológico del agua del lago se observó una variedad de diferentes especies de microorganismos como algas, hongos, bacterias, parásitos que la hacen no potable, entre ellos *Giardia lamblia*, *Trichuris trichiura*, *Rodolarios Spp.*, *Clamidomonas Spp.*, *Paruroleptus Spp.*, *Acanthocystis turfatae*, *Westella Spp.*, entre otros, para los cuales la semilla de *Moringa oleífera* logró una remoción completa posterior al tratamiento con dosis óptima de 1000mg/Lit. El mismo efecto se obtuvo con coliformes fecales al inhibir el crecimiento de *Salmonella choleraeruis* en agar Salmonella/Shigella y a *Escherichia coli enteropatógena (coliforme termoresistente)*. *M. oleífera* mostró actividad antibacteriana contra *Staphylococcus aureus*, ya que se desarrollan menos Unidades Formadoras de colonias en agua post-tratamiento con la semilla que en el agua pre-tratamiento.

La dosis óptima requerida para tratar las aguas de Lago de Nicaragua es de mil miligramos del polvo de la semilla por litro de agua, ya que se observó una menor turbidez y menor crecimiento de Unidades Formadoras de Colonias bacterianas. La eficacia del extracto de la semilla de *M. oleífera* está determinada por el pH y temperatura del agua. Las condiciones alcalinas fueron más favorables que las acídicas y a mayor temperatura del agua, más efectiva fue la coagulación.



## Recomendaciones

Continuar el presente estudio con un diseño experimental para validar los resultados y extrapolarlos.

La obtención del extracto de las semillas de *Moringa oleífera*, a través de métodos estandarizados para este tipo de procedimientos.

Se recomienda el uso del extracto de las semillas de *Moringa oleífera* para clarificar el agua de los pozos ubicados en frente del Lago de Nicaragua en El Menco o del agua obtenida en el lago para consumo domiciliar

Se recomienda el uso doméstico del método secundario de clarificación-método de filtración por grava y la semilla de *Moringa oleífera*, para mejorar la calidad y la seguridad del agua potable en situaciones donde no exista una fuente de agua potable segura.

La concientización de los habitantes de El Menco acerca el uso de los dos métodos clarificadores de agua con programas de intervención comunitaria.

## Agradecimientos

Agradecemos especialmente a la tutora del trabajo de investigación, Dra. Clara Isabel González Moncada, por el continuo apoyo brindado y por monitorear nuestro trabajo investigativo. Al Lic. Douglas Espinoza y Medardo Andino Jarquín por su contribución y apoyo técnico. Finalmente al responsable del Laboratorio de Microbiología y Parasitología de la UNAN-Managua, Lic. Mario Romero Vargas por brindarnos el espacio y materiales necesarios para la realización del trabajo, al Dr. Manuel Gómez Guerrero por dar la aprobación de este proyecto en el Laboratorio de Microbiología.

## REFERENCIAS

Bache, D. G. (2007). *Flocs in Water Treatment*. IWA Publishing.

Dalton, C. D. (1973). Brain aluminum distribution in Alzheimer's disease and experimental neurofibrillary degeneration. *Science*, 511-513.

Lurling, M. (2010). Anti-cyanobacterial activity of *Moringa oleifera* seeds. *J Appl Phycol*, 503-510.



- Mccollister D. D., O. E. (1964). Toxicology of acrylamide. *Toxicol. Appl. Pharmacol* , 6, 172-181.
- Mkandawire, P. (2009). Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi. *Physics and chemistry of the Earth Journal* , 799-805.
- NKurunziza, T. N. (2009). The effect of turbidity levels and Moringa Oleifera concentracion on the effectivness of coagulation in water treatmente. *Water Science and Technology*, 1551- 1558 .
- Ndabigengesere A, N. K. (1998). Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. *Water Res* , 781-791.
- Okuda, T. B. (1999). Improvement of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed. *Water Research* , 3373-3378.
- Pritchard, M. M. (2009). Potencial of using plant extracts for purificacion of shallow well water in Malawi. *physics and Chemistry of the Earth Jornal*, 799-805.
- Valencia, J. A. (1992). Teoria de la coagulacion del agua. *Acobal* , 68-72.
- Vera, I. A. (1996). *Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua*. Lima: OPS.
- WHO. (2007). *combating Waterborne Diseases at the Household Water Treatment and Safe Storage*. Geneva: World Health Organization.



## Análisis proximal de granos de arroz, frijol, maíz y café comercializados en el mercado Roberto Huembes de Managua

Samantha Miranda Calero  
Laboratorio de Biotecnología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, [samcxrc@hotmail.com](mailto:samcxrc@hotmail.com)  
Jorge Esquivel Quezada  
Laboratorio de Biotecnología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Juan Ruíz Urbina  
Laboratorio de Biotecnología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Ena Rivers Carcache  
Laboratorio de Biotecnología. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

Fecha de recibido: 6 de abril de 2015

Fecha de aprobado: 12 de septiembre de 2015

### RESUMEN

Se realizó el análisis proximal de los granos básicos: arroz, frijol, maíz, así como del producto primario: café, comercializados en el mercado Roberto Huembes de Managua durante época de verano, a fin de obtener información sobre su composición nutricional. Las pruebas realizadas fueron: porcentaje de humedad, cenizas, proteínas y grasas. Los resultados mostraron diferencias entre los valores obtenidos y los valores de referencias a nivel de Centro América. El frijol distribuido presenta un alto contenido de proteínas (23.87%), al igual que el maíz (8.80%) y el café (14.55%), sin embargo el porcentaje de grasa es variante para cada grano aunque en el maíz y el café los valores son inferiores a las referencias internacionales (6.58% y 10.03%, respectivamente). En el caso particular del arroz se determinó que la variedad estudiada presenta una composición inferior a los parámetros establecidos.

### Palabras claves

Proximal, arroz, frijol, maíz, café

### SUMMARY

The proximate analysis of basic grains was made in rice, beans, corn, as well in a primary product like coffee. All the grains was marketed at Roberto Huembes market in Managua during summer time. The purpose of the investigation is obtain information on their nutritional composition. The tests performed were: percentage of moisture, ash, protein and fat. The results showed differences between the values obtained and the reference values at the level of Central America. The distributed bean has a high protein content (23.87%), like corn (8.80%) and coffee (14.55%), while the percentage of fat is variant for every grain corn and although the coffee values are lower than international reference prices (6.58% and 10.03%, respectively). In the particular case of the studied variety of rice, it was determined that had a lower composition of the target parameters.

### Keywords

Proximate, rice, bean, corn, coffee



## INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, cultivo del frijol, arroz, maíz y café son fundamentales tanto por su importancia en la generación de trabajos, fomento del sector agrícola y, por ser uno de los principales pilares de la economía nacional, así como también por su participación en la alimentación diaria de la población. En general la dieta nacional está basada en cereales y, leguminosas. En esta combinación son fundamentales el maíz, el arroz y los frijoles como fuente de calorías y proteínas respectivamente. La dieta con base en frijol es común, combinada con arroz, maíz blanco y sorgo en dependencia de la zona agroclimática (MAGFOR, 2009).

De igual manera, el café representa un rubro de gran importancia para el país ya que además de formar parte de los 5 productos primarios que generan el 50% de las exportaciones del país, producir el 20% del PIB y proveer alrededor del 43% del empleo total, presenta un alto consumo por la población nicaragüense (MAGFOR, 2009).

Debido a la gran dependencia a todos estos granos, se hace imperativa la realización de análisis de su composición para determinar su aporte nutricional y para formular combinaciones nutritivas complementarias exitosas, información que actualmente no está disponible. El análisis de la composición proximal incluye parámetros como contenido de proteínas y de grasas cuya finalidad es meramente nutricional, y también incluye análisis de humedad y cenizas que definen tanto la identidad del alimento como su capacidad conservación (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1993)

Cabe mencionar que la composición química de los granos es afectada por múltiples factores, entre ellos plagas, condiciones edafoclimáticas, variedades, entre otros, por tanto la caracterización de los granos disponibles juega un rol importante para la seguridad alimentaria y nutricional como para el desarrollo de la agroindustria nacional. El objetivo de este estudio fue determinar la composición proximal de los granos comercializados en uno de los mercados de mayor afluencia de Managua.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras de granos de arroz, frijol, maíz y café fueron recolectadas en época de verano en comercios disponibles del mercado Roberto Huembes de Managua. Los granos se encontraban sanos libres de plagas y enfermedades. Las muestras se tomaron de forma aleatoria y correspondió a tres lotes de 5 libras



cada uno, que conformó una muestra total de 15 libras y fueron colectadas en bolsas de polietileno debidamente identificadas. Los granos fueron procesados en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua).

### **Preparación de las muestras**

Las muestras recolectadas fueron secadas al horno a 60°C durante 6 horas y posteriormente se obtuvo la harina de cada grano mediante su trituración en molino y maceración hasta alcanzar un tamaño de poro adecuado (tamiz N° 30). En el caso del maíz, su pericarpio fue removido antes de su preparación. Las harinas fueron almacenadas en refrigeración para evitar su degradación.

### **Determinación de la composición proximal**

Todas las pruebas fueron realizadas por triplicado, se incluyó un blanco y en base a los métodos oficiales de análisis de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC; por sus siglas en inglés). La determinación de humedad se desarrolló en un horno de convección de aire en base a la AOAC 925.10, utilizando una temperatura de 130°C para llevar a peso constante las muestras cuyos tamaños fueron de 5g para el arroz, frijol y café, y 8g para el maíz.

El análisis de cenizas se realizó en una mufla según la AOAC 923.03 con temperaturas de 550°C para el arroz, frijol, café y 600°C para el maíz. La determinación del contenido de grasas se fundamentó en la AOAC 920.39 haciendo uso del equipo Soxhlet y éter de petróleo como solvente. El tamaño de la muestra fue homogenizada a 10g, sin embargo debido a que los tiempos de extracción varían, siendo el más prolongado la extracción del café (16 horas) se utilizó mayor volumen de solvente (150 ml).

Finalmente el análisis del contenido de proteínas se realizó en base del método AOAC 2001.11 donde se realizó una modificación debido a los equipos disponibles (bloque digestor Labconco Rapid Digestor-4 y el micro-destilador Labconco RapidStill I). El tamaño de la muestra fue diferente para cada matriz sin embargo el tiempo de digestión fue el mismo (60 minutos).

El control de calidad de las muestras incluyó el análisis de muestras enriquecidas y blancos enriquecidos para verificar los porcentajes de recobro de cada uno de los análisis, esto fue contrastado con valores estándar y el blanco de cada prueba. El análisis estadístico de los datos se realizó en base al





promedio de las lecturas por tanto se incluyó la determinación de la media y la desviación estándar de los resultados obtenidos así como de los límites permisibles con un límite de confianza del 95%.

## RESULTADOS

Los resultados del análisis proximal de las harinas de los granos estudiados demuestran la alta divergencia entre sus composiciones básicas (tabla N° 1). Los datos mostrados se obtuvieron como resultado de pruebas realizadas por triplicado, reportándose únicamente los valores promedio corregidos con el blanco de laboratorio para cada análisis.

Tabla N° 1: Composición proximal de las harinas de los granos colectados en el mercado Roberto Huembes.

<b>Matriz</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>Grasas (%)</b>	<b>Proteínas (%)</b>
Arroz	12.27	0.27	0.42	6.29
Frijol	12.32	3.41	1.62	23.87
Maíz	10.07	1.94	6.58	8.80
Café	6.06	4.34	10.03	14.55

## DISCUSIÓN

La determinación de la composición química proximal de los granos recolectados nos proporciona la información nutricional base para la elaboración de guías nutricionales efectivas para utilizarse en la dieta básica. Así mismo el contenido de humedad de las matrices influye directamente en el mantenimiento del mismo y sobre los métodos de conservación a utilizar.

### Frijol

El porcentaje de humedad determinado es superior al reportado por Henríquez (2014) en su estudio de variedades Chaparrastique y China de El Salvador. De igual manera supera los valores establecido por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) y por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) (2012).

Por otro lado, el porcentaje de cenizas obtenido fue ligeramente superior al definido por el INCAP (2012) y similar al obtenido para las variedades salvadoreñas establecidas por Henríquez (2014).



El porcentaje de grasas identificado es inferior al reportado para las variedades salvadoreñas, pero similar al rango establecido por el INCAP para variedades de Centro América de frijol rojo (1.06%). En relación al porcentaje de proteína, el valor obtenido es superior al definido por el INCAP (22.53%) sin embargo es inferior en comparación con la variedad China estudiada en El Salvador (27.05%).

### **Arroz**

El porcentaje de humedad, porcentaje de grasa y porcentaje de proteínas determinados en el arroz, fueron ligeramente inferiores a las reportadas por la tabla de composición de los alimentos del INCAP (2012), las cuales fueron de 12.89%, 0.58% y 6.61%, respectivamente.

Mientras, el resultado del % de cenizas obtenido fue superior al indicado por la organización antes mencionada (9mg). Estos resultados nos indican que existen otras variedades con mayor contenido nutricional aunque mayor contenido de agua presente.

### **Maíz**

Otro de los granos básicos de importancia y de mayor consumo nacional es el maíz. Dentro de los resultados obtenidos encontramos que en comparación con los valores establecidos por el INCAP (2012) de la siguiente manera: 12% de humedad, 8.4% de proteína, 1.2% de grasa y 0.60 mg de cenizas, el maíz disponible en el mercado nacional presenta un menor contenido de humedad aunque mayor porcentaje de proteínas, cenizas y notablemente, de grasas.

Así mismo, en comparación con los valores registrados por Ramírez (2006) de la variedad amarilla mexicana: 8.91% de humedad, 1.46% de cenizas, 10.25% de proteínas y 6.04% de grasas, presenta menor contenido de agua, aunque mayor contenido de cenizas, proteínas y grasas.

### **Café**

Como ya fue mencionado, el impacto de este cultivo primario a nivel nacional es muy alto y debido a su alto consumo, su caracterización es de alta prioridad. De esta forma, al comparar los resultados obtenidos con los determinados por el INCAP (2012) en su tabla de composición de alimentos, donde se establece: 5% de humedad, 12.6% de proteínas, 14.8% de grasas y 4.8% de cenizas; podemos definir que el porcentaje de humedad, proteínas y cenizas de la variedad comercializada es superior, sin embargo el porcentaje de grasas es inferior a lo registrado por la entidad Centroamericana.



## **CONCLUSIONES**

Se determinó la composición proximal de los granos básicos disponibles en el mercado Roberto Huembes, donde encontramos que el frijol comercializado posee un alto contenido de proteínas en comparación a otras variedades de Centro América.

Desde el punto de vista nutricional, el arroz estudiado presenta una composición inferior a otras variedades de América Central, sin embargo cumple con los rangos establecidos.

Por otro lado, la variedad nacional de maíz disponible en el mercado es una variedad rica en proteínas y grasas con un bajo porcentaje de humedad, representando un buen aporte a la dieta de la población.

En relación al rubro café, un producto primario de gran importancia, podemos concluir que la variedad comercializada presenta un alto porcentaje de proteínas y un bajo porcentaje de grasas en comparación con valores de referencia Centroamericanos.

## **RECOMENDACIONES**

Debido a la importancia de la composición nutricional de los granos básicos y en general de los alimentos de uso común en la dieta diaria, se recomienda realizar análisis proximal de otras variedades disponibles o variedades certificadas por instituciones nacionales como el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), definiendo las condiciones agroecológicas en las cuales fueron cultivados.

## **AGRADECIMIENTO**

Esta investigación no sería posible sin el apoyo técnico-analítico de la Dra. Katia Montenegro y la Lic. Martha Jarquín Pasquier, por tanto agradecemos el tiempo y soporte brindado.

## **REFERENCIAS**



- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Manual de Técnicas para Laboratorio de Nutrición de Peces y Crustáceos*. 1993. México D.F.
- Henríquez Guardado, F. 2014. *Comparación de la calidad culinaria y del análisis bromatológico proximal de la especie Phaseolus vulgaris L. (frijol común) variedad Chaparrastique y la importada de China*. Tesis inédita de licenciatura. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). *Tabla de composición de alimentos de Centro América*. 2012. Guatemala
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). *Fortalecimiento al Sistema Nacional de Semilla: Evaluación Social de Territorios*. 2009. Managua, Nicaragua
- Ramírez Moreno, E. 2006. *Determinación de la composición química proximal y fibra dietaria de 43 variedades criollas de maíz de 7 municipios del Sur-este del estado de Hidalgo*. Tesis inédita de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo. México



## Evaluación hidráulica de sistemas de riego con tuberías multicompuertas para el riego de la caña de azúcar en la Agricultura.

Néstor Méndez Jurjo,  
Universidad de Ciego de Ávila  
Oscar Nemesio Brown Manrique,  
Delegación Municipal de la Agricultura  
Manuel Eudel Palmero Espinosa,  
Dayamira Mundiél Sotolongo  
Universidad de Ciego de Ávila

[nestorm@unica.cu](mailto:nestorm@unica.cu), [obrown@unica.cu](mailto:obrown@unica.cu), [dayamiram@unica.cu](mailto:dayamiram@unica.cu)

### RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Empresa Azucarera Primero de Enero en un área ocupada por la técnica de riego por surcos con entrega de agua mediante tuberías con compuertas. Los resultados demostraron que el caudal descargado por 60 compuertas abiertas a la mitad proporciona una mayor uniformidad en los caudales que aportan las compuertas a lo largo del conducto. La carga de presión sobre la compuerta puede ser estimada mediante un modelo exponencial con alto coeficiente de determinación. Los polinomios deducidos para la estimación del coeficiente  $p$  y el exponente  $r$  de la función potencial de avance demostraron consistencia en la simulación de la fase de avance del riego por surcos. Los valores promedios de los parámetros geométricos del surco pueden utilizarse con seguridad en el diseño del riego por surcos. La curva de recesión puede simularse adecuadamente a partir del modelo lineal tipo  $tr = m_r x + tr_1$  para las condiciones de suelos, caudales, pendientes y longitudes de surcos evaluados en este trabajo. Los polinomios de tercer orden y el valor promedio de la pendiente de la curva de recesión producen una buena estimación de la fase de recesión del riego por surcos.

**Palabras Claves:** Evaluación, Riego, Tuberías Multicompuertas, Caudales, Curva de Recesión

### SUMMARY

The investigation was developed in the Sugar Enterprise Primero de Enero in an area occupied by the furrows irrigation technique with delivery of water by means of pipes with floodgates. The results demonstrated that the flow discharged in half by 60 open floodgates provides a bigger uniformity in the flows that contribute the floodgates along the conduit. The load of pressure on the floodgate can be estimated by means of an exponential model with high coefficient of determination. The polynomials deduced for the estimate of the coefficient  $p$  and the exponent  $r$  of the potential function of advance demonstrated consistency in the simulation of the phase of advance of the watering for furrows. The values averages of the geometric parameters of the furrow can be used with security in the design of the watering for furrows. The recession curve can be simulated appropriately starting from the pattern lineal type  $tr = m_r x + tr_1$  for the conditions of floors, flows, slopes and longitudes of furrows evaluated in this work. The polynomials of third order and the value average of the slope of the recession curve produce a good estimate of the recession phase of the furrows irrigation.

**Keywords:** Evaluation, irrigation, pipes multiflood gate, flows, recession curve

### INTRODUCCIÓN

La importancia incuestionable que tiene el agua para la vida en la tierra es demostrada, al reafirmar que la vida en este planeta tuvo su origen en el agua, la cual permitió junto con el dióxido de



carbono y algunos nutrientes esenciales la formación de células, algunas de las cuales lograron producir su propio alimento a partir de la radiación solar; permitiendo posteriormente el proceso evolutivo constante de estos pequeños organismos hacia otras formas de vida más evolucionadas.

El riego superficial tiene la potencialidad de usar eficientemente el agua y los recursos energéticos; también mantener en un nivel elevado el rendimiento de los cultivos. Esto justifica la difusión que ha tenido el riego por gravedad; que además ha podido demostrar sus posibilidades bajo muchas circunstancias: requerimiento bajo de energía y simplicidad de sus operaciones. Para que pueda cumplirse la potencialidad de estos sistemas, los mismos deben ser diseñados y operados correctamente, pues en la mayoría de los casos las deficiencias que persisten en estos aspectos constituyen la causa de las pérdidas excesivas de agua por percolación profunda y por escurrimiento superficial en el extremo aguas abajo del surco (Brown, 2000).

El riego por surcos se compone de cuatro fases: (1) fase de avance, (2) fase de almacenamiento, (3) fase de consumo y (4) fase de recesión (Pérez, 1995).

De acuerdo con Strelkoff (1977) la fase de avance comienza cuando el agua se introduce en el extremo superior del surco y el frente de humedecimiento se mueve aguas abajo del mismo hasta que alcanza su extremo inferior. Esta fase es la que presenta mayor interés porque es la responsable de la desuniformidad en la distribución del agua infiltrada en la sección final del surco (Elliott et al. 1982).

En la mayor parte de las observaciones de campo la longitud de recesión contra el tiempo es una relación lineal. Walker y Humpherys, (1983).

Brown (2000) al referirse a las principales dificultades que afectan el funcionamiento del riego por surcos hace énfasis en la baja calidad constructiva de los sistemas y las deficiencias de su diseño y manejo. En general los sistemas en riego por gravedad trabajan comúnmente con eficiencias de aplicación muy bajas, lo cual impide incrementar la superficie bajo riego; sin embargo los investigadores de este tema coinciden en que la modernización del riego superficial es la vía para incrementar su eficiencia y rentabilidad.

El riego superficial experimenta un avance extraordinario como consecuencia de la experiencia de muchos investigadores del mundo, expresado en el desarrollo de modelos de simulación, tecnologías avanzadas y la utilización de dispositivos para la automatización de este método de riego (Brown, 2000).



La aplicación de agua es la relación entre la lámina de agua almacenada en la zona radicular y la lámina de agua derivada, representada ésta por la sumatoria de la lámina neta, escurrida y percolada. Esta ve así afectada por las pérdidas por escurrimiento y percolación profunda (Israelsen y Hansen, 1965).

Para lograr un riego eficiente se deben considerar: el caudal de entrada en la cabecera del surco y el tiempo de riego necesarios para que el agua llegue al final del surco en la cantidad deseada. Una forma de mejorar la eficiencia de este sistema es colocar una válvula pulsadora para que el agua aplicada en forma discontinua penetre en el suelo en forma más eficiente (INTA, 2001).

La válvula de riego por impulsos, producida por P&R Surge Systems mejora sensiblemente la eficiencia del sistema de compuertas. Adicionalmente, ofrece la posibilidad de implementar el fertirriego, reduciendo notablemente el uso de fertilizantes y optimizando su aplicación (Colpozos, 2008).

Los esfuerzos por alcanzar altas eficiencias de aplicación en los sistemas de riego por surcos están limitados por la amplia variación espacial y temporal de las características de infiltración del suelo (Elliott y Walker, 1982).

Según Utah State University (1989), el riego por intermitencia es la aplicación de agua en surcos de riego con una proporción de flujo intermitente el cual produce series de cargas hidráulicas o impulsos. El riego intermitente fue desarrollado en la Universidad de Utah como un intento de producir riego de remojo automatizado.

Uno de los más relevantes resultados reportados es la reducción del tiempo de avance para intermitencia comparado con el riego convencional (Bishop, 1981).

El riego intermitente ha sido definido como la aplicación intermitente de agua para riego en surcos o bandas, creándose series de encendidos y apagados de tiempos constantes o variables (Phillip, et al, 1982).

Pacheco y col. (1995) consideran que los parámetros fundamentales del riego intermitente son: El caudal del surco, el número de impulso durante la fase de avance, la duración de cada impulso y el tiempo entre impulso. La óptima combinación resultará la del mayor avance logrado con el menor volumen de agua.

García 1996, expresa que el riego por impulso está basado en un sistema de descarga intermitentes, las cuales son controladas por un dispositivo que administra y suministra el agua a la



---

parcela. Normalmente dicho dispositivo de control es una válvula automatizada que se adapta al hidrante de un sistema de tubería con compuertas. Su fuente de alimentación es un sistema de bombeo a baja presión.

## **MATERIAL Y METODOS**

### **Localización del experimento**

La investigación se desarrolló en una parcela sembrada de caña de azúcar de la variedad

C-120 localizada en el bloque 609 de la UBPC Albio Hernández de la Empresa azucarera Primero de Enero. El área se ubica entre las coordenadas 774.100 - 775.100 N y 247.00 - 248.00 E, con una superficie de 35 hectáreas.

El tipo de suelo predominante es el ferralítico rojo compactado en una superficie que presenta una topografía no uniforme con depresiones y elevaciones en el interior de los campos en el sentido de los surcos; siendo necesario seleccionar las áreas de mejores condiciones para su estudio.

La fuente de abastos es subterránea y se ubica en el sector Hidrológico CA 1-12, con un nivel estático y dinámico de 7.50 m y 8.30 m respectivamente, lo que garantiza un caudal de extracción superior a 200 l/s a partir de un pozo de 500 mm diámetro y profundidad 25.0 m. La calidad del aguas es buena con un nivel promedio de sales solubles totales (SST) de 0.10 g/L.

### **Características del sistema de riego.**

El sistema de riego empleado es del tipo riego por surcos mediante tuberías multicompuertas que consiste en la utilización de una tubería de diámetro 315 mm de PVC, soterrada en un longitud total de 1000 m y en la cual se colocan dos hidrantes separados entre sí. Esta tubería es soterrada y sale directamente de la estación de bombeo con una longitud máxima de 500 m en el sentido paralelo a los surcos cabecera del bloque, lugar donde se encuentra la guardarraya de 10 m. En este punto se coloca el hidrante, que permite continuar con 500 m adicionales, donde se coloca el segundo hidrante, exactamente en la intercepción con la guardarraya transversal de 10m en el centro del bloque.





Figura. 1 Tubería de conducción soterrada e hidrante.

Para la entrega de agua a los surcos, se usa una tubería de PVC con diámetro 280 mm, la cual tiene compuertas regulables cada 1.50 m para la descarga del caudal en el surco (figura 2). Esta tubería toma el agua desde el hidrante con una longitud de 100 m.



Figura. 2 Tubería de riego con compuertas regulables.

### **Análisis de perfil transversal y longitudinal del terreno.**

Los perfiles transversal y longitudinal se determinó mediante el levantamiento planimétrico y altimétrico del área de estudio a lo largo de la línea donde se coloca la tubería multicompuertas y en los surcos



donde se evaluó el avance, la recesión y la infiltración del agua considerándose tres grupos de surcos en los extremos de la parcela de riego y en el centro de la misma conformados por tres surcos cada uno.

En el análisis del perfil transversal del terreno el estacionado se hizo cada 25 metros y el análisis del perfil longitudinal del surcos las estaciones se colocaron convenientemente a distancias de 30, 72, 100, 144, 180 y 216 m desde la cabecera del surco, teniéndose en cuenta las dificultades que ofrecía el cultivo establecido para el desarrollo de estas labores.

### **Determinación del caudal del surco.**

El caudal de agua se determinó a la salida de las compuertas con los siguientes materiales y equipos:

- Cronometro digital.
- Cubeta plástica de 10 litros.
- Probeta graduada de 1 litro.
- Bolsa de plástico de baja densidad para capturar el volumen de agua en el punto de salida.

Las pruebas se realizaron en la compuerta inicial, la compuerta intermedia y la compuerta final teniendo en cuenta dos condiciones de manejo de la tubería de riego:

- Compuertas totalmente abiertas: 30 compuertas.
- Compuertas abiertas a la mitad: 60 compuertas.

El procedimiento consistió en colocar la cubeta debajo del agua descargada por la compuerta seleccionada y se midió con el cronometro digital el tiempo requerido para llenarse la cubeta empleada (figura 3). El volumen capturado se midió con la probeta graduada. El proceso se repitió cinco veces en cada una de las compuertas evaluadas.



Figura 3 Determinación del caudal del surco

### **Determinación de la carga de presión sobre la compuerta.**

La carga de presión en diferentes puntos a lo largo de la tubería se determinó con la utilización de un piezómetro con los siguientes materiales:

- Manguera de PVC transparente con diámetro de 10 mm.
- Regla de madera con altura de 2.30 m.
- Cinta métrica.

La manguera se colocó de forma recta y fija sobre la regla de madera, utilizándose la cinta métrica para medir las diferentes lecturas de columna de agua dentro de la manguera a partir del centro de la compuerta. El proceso se realizó en los mismos puntos en que se midió el caudal casi de forma simultánea para la obtención de pares de datos de caudal descargado por la compuerta y carga de presión sobre la compuerta.

El procedimiento consistió en retirar la compuerta de la tubería y colocar una faja de goma gruesa con un pequeño orificio por donde se introdujo un extremo de la manguera del piezómetro con mucho cuidado para evitar derrame de líquido; así como caída de presión. La utilización de una liga de caucho permitió lograr la total hermeticidad, luego se procede a la obtención de la lectura, después del tiempo



requerido para la estabilización de la columna de agua. El procedimiento se repite en el resto de las compuertas seleccionadas.

### **Velocidad del agua en la tubería multicompuertas.**

La velocidad de circulación del flujo de agua dentro de la tubería multicompuertas se determinó a partir de la ecuación fundamental de derrame de líquido a partir de un orificio:

$$v = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Donde:

$\mu$ : Coeficiente que tiene en cuenta la forma del orificio. Se recomienda (0.64).

$g$ : Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).

$h$ : carga de presión sobre el orificio (m).

### **Determinación de modelos matemáticos de ajuste.**

Los datos experimentales se ajustaron a funciones de tipo lineal, potencial y polinomial a partir del Microsoft Office Excel 2007. Los modelos estadísticos matemáticos empleados fueron:

- Cotas del terreno en función de la distancia en las direcciones transversal y longitudinal.
- Caudal de descarga de las compuertas en función de la longitud de la tubería.
- Carga de presión sobre la compuerta en función del caudal.
- Carga de presión sobre la compuerta en función de la longitud de la tubería.
- Caudal de descarga de las compuertas en función de la carga de presión sobre la compuerta.
- Caudal del surco en función de la pendiente longitudinal de la parcela.

### **Determinación de modelo de avance**

El modelo de avance se determinó mediante el ajuste de los datos experimentales de longitud y tiempo de avance a la siguiente ecuación potencial:

$$x = pt^r$$

Dónde:



x: Distancia de avance del flujo de agua (m).

t: Tiempo de avance del flujo de agua (min.).

p, r: Parámetros de ajuste del modelo potencial.

### Determinación de modelo de recesión

El modelo para la estimación de la recesión del agua en el surco se determinó a partir de las siguientes ecuaciones:

$$tr_i = tr_1 + m_r x_i$$

$$tr_1 = t_{co} + t_c$$

$$t_c = \frac{V_c}{Q_0} = \frac{0.5A_0L}{Q_0}$$

$$A_0 = \left( \frac{Q_0 \cdot n}{60\rho_1 S_0^{0.5}} \right)^{1/\rho_2}$$

Dónde:

tr<sub>i</sub>: Tiempo de recesión en cada estación del surco (min.).

tr<sub>1</sub>: Tiempo de recesión en el extremo inicial del surco (min.).

m<sub>r</sub>: Pendiente de la curva de recesión determinada experimentalmente.

x<sub>i</sub>: Distancia de recesión en cada estación del surco (m).

t<sub>co</sub>: Tiempo de corte (min.).

t<sub>c</sub>: Tiempo en la fase de consumo (min.).

Q<sub>0</sub>: Caudal aplicado en el surco (m<sup>3</sup>/min).

A<sub>0</sub>: Área hidráulica del surco (m<sup>2</sup>).

L: Longitud total del surco (m).

n: Rugosidad del surco.



$S_0$ : Pendiente longitudinal del surco.

$\rho_1, \rho_2$ : Parámetros geométricos del surcos determinados experimentalmente para suelos ferralíticos rojos ( $\rho_1 = 0.526$ ;  $\rho_2 = 1.357$ )

El tiempo de recesión en el final del surco se determina como:

$$t_{OL} = t_r - t_L$$

Donde:  $t_r$ : Tiempo de recesión (min.) y  $t_L$ : Tiempo de avance en el extremo final del surco (min.).

El tiempo de almacenamiento se estima a partir de la siguiente ecuación:

$$t_{alm} = t_{co} - t_L$$

### Diseño de la tubería de riego con compuertas

Para el diseño de la tubería de riego con compuertas encargada de entregar el caudal de diseño a cada surco a través del número de aberturas consideradas, se tuvieron en cuenta las siguientes ecuaciones:

#### Calculo del número de compuertas totales.

$$N_C = \frac{L_T}{w}$$

Donde

$N_C$ : Numero de compuertas totales.

$L_T$ : Longitud de la tubería (m).

$w$ : Separación entre compuertas (m).

#### Cálculo de número de compuestas cerradas

$$N_{CC} = N_C - N_{CA}$$

Donde

$N_{CC}$ : Número de compuertas cerradas.

$N_{CA}$ : Número de compuertas abiertas.

#### Cálculo de la longitud del tramo de tubería con compuertas abiertas

$$L_A = w \cdot N_{CA}$$



Donde

$L_A$ : Longitud del tramo de tubería con compuertas abiertas (m).

$w$ : Separación entre compuertas (m).

$N_{CA}$ : Número de compuertas abiertas.

### **Cálculo de la longitud de tubería con compuertas cerradas**

$$L_C = w \cdot N_{CC}$$

Donde

$L_C$ : Longitud de tubería con compuertas cerradas (m).

$w$ : Separación entre compuertas (m).

$N_{CC}$ : Número de compuertas cerradas.

### **Calculo de la diferencia carga de presión entre los extremos**

$$\Delta h = h_{ini} - h_{fin}$$

Donde

$\Delta h$ : Diferencia carga de presión entre los extremos de la tubería de riego (m).

$h_{ini}$ : Carga hidráulica sobre la compuerta al inicio de la tubería (m).

$h_{fin}$ : Carga hidráulica sobre la compuerta al final de la tubería (m).

### **Cálculo de la diferencia de cotas entre los extremos de la tubería.**

$$\Delta z = S_T \cdot L_T$$

Donde

$\Delta z$ : Diferencia de cotas entre los extremos de la tubería de riego (m).

$S_T$ : Pendiente de la tubería de riego.

$L_T$ : Longitud de la tubería (m).

### **Cálculo de las pérdidas de fricción máxima.**

$$hf_{max} = \Delta h + \Delta z$$



Donde

$h_{f_{max}}$ : Pérdidas de fricción máxima (m)

$\Delta h$ : Diferencia carga de presión entre los extremos de la tubería de riego (m).

$\Delta z$ : Diferencia de cotas entre los extremos de la tubería de riego (m).

### Cálculo del caudal total de la tubería

$$Q = q_0 \cdot N_{CA}$$

Donde

Q: Caudal total de la tubería (L/s).

$q_0$ : Caudal que ingresa al surco (L/s).

$N_{CA}$ : Número de compuertas abiertas.

### Calculo de la velocidad del agua en la tubería de riego.

$$v = \frac{4Q}{\pi \cdot D_T^2}$$

Donde

v: Velocidad del agua en la tubería de riego (m/s). Debe estar entre 1.5-2.0 m/s.

Q: Caudal total de la tubería de riego (L/s).

$D_T$ : Diámetro de la tubería de riego (m).

### Cálculo del número de Reynolds

$$NR = \frac{v \cdot D_T}{\nu}$$

Donde

NR: Número de Reynolds.

v: Velocidad del agua en la tubería de riego (m/s). Debe estar entre 1.5-2.0 m/s.

$D_T$ : Diámetro de la tubería de riego (m).

$\nu$ : Viscosidad cinemática ( $m^2/s$ ).



**Cálculo del coeficiente de fricción de Blassius.**

$$f = 140.315NR^{-0.9}$$

Donde

f: Coeficiente de fricción determinado por la ecuación de Blassius.

NR: Número de Reynolds.

**Pérdidas de cargas por fricción.**

$$hf = f \frac{L_T}{D_T} \frac{v^2}{2g}$$

Donde

hf: Pérdidas de cargas por fricción (m).

f: Coeficiente de fricción determinado por la ecuación de Blassius.

$L_T$ : Longitud de la tubería (m).

$D_T$ : Diámetro de la tubería de riego (m).

v: Velocidad del agua en la tubería de riego (m/s). Debe estar entre 1.5-2.0 m/s.

**Cálculo de las pérdidas de cargas totales.**

$$hf_T = hf + h_{loc}$$

$$h_{loc} = 0.10hf$$

Dónde:

$hf_T$ : Pérdidas de cargas totales (m).

hf: Pérdidas de cargas por fricción (m).

$h_{loc}$ : Pérdidas de cargas localizadas (m).

Se debe cumplir que

$$hf_T < hf_{max}$$

De no cumplirse la condición anterior, hay que rediseñar la tubería a partir de:

- Disminuir el número de compuertas abiertas.
- Incrementar el diámetro de la tubería.



### Determinación del coeficiente de uniformidad de Christiansen

$$CU = 1 - \left[ \left( \frac{1}{N_{CA} \cdot q_m} \right) \left( \sum q_i - q_m \right) \right]$$

$$q_i = 0.06L_{Ti} + 2.268$$

$$R^2 = 0.984$$

$$L_{Ti} = L_{Ti-1} + w$$

Dónde:

CU: Coeficiente de uniformidad de Christiansen

$N_{CA}$ : Número de compuertas abiertas.

$q_i$ : Caudal que aporta la compuerta en cada tramo analizado (L/s).

$q_m$ : Caudal promedio que aporta cada compuerta (L/s).

$L_{Ti}$ : Longitud del tramo de tubería analizada (m).

### Determinación de la uniformidad de distribución

$$UD = \frac{4 \sum q_{inf}}{N_{CA} \cdot q_m}$$

Dónde:

UD: Uniformidad de distribución.

$N_{CA}$ : Número de compuertas abiertas.

$\sum q_{inf}$ : Suma de caudales que descarga el cuarto inferior de la tubería (L/s).

$q_m$ : Caudal promedio que ingresa al surco (L/s).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis del caudal del surco.

En la Tabla 3.1 se muestra el caudal del surco, considerando 60 compuertas abiertas totalmente, demuestra que se producen notables diferencias entre las descargas al inicio, medio y final de la tubería multicompuertas, las causas de estas diferencias se explican a partir de la energía del fluido que es mayor al inicio del tramo



analizado, por lo que el agua puede fluir con mayor velocidad por una sección transversal invariable, haciendo que el caudal sea mucho mayor. Al final de la tubería las pérdidas que se generan reducen la energía y la velocidad, consecuentemente el caudal es notablemente inferior en el extremo final del conducto.

**Tabla 1:** Caudal de las compuertas.

Caudal descargado por la compuerta q (L/s)		
Inicio	Medio	Final
5,11	3,06	0,73
5,11	4,12	0,66
5,29	3,73	0,66
5,29	3,61	0,66
5,26	3,63	0,66
<b>5,21</b>	<b>3,63</b>	<b>0,67</b>

Este Comportamiento puede observarse en la figura 3.1 para las compuertas evaluadas al inicio (0 m) en el medio (49 m) y al final (88.50 m) donde se obtiene modelo lineal que ajusta adecuadamente los valores de caudal descargado por la compuerta respecto a la distancia a partir del inicio de la tubería:

$$q = -0.046L + 5.44$$

$$R^2 = 0.970$$

Donde

q – caudal descargado por la compuerta (L/s).

L - Longitud de la tubería multicompuerta hasta la compuerta de análisis (m).

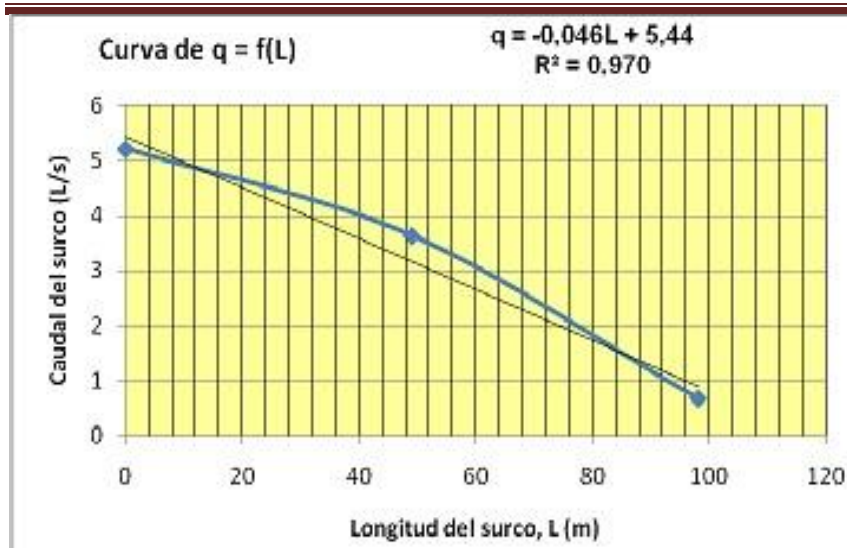


Figura 4. Caudal de la compuerta a lo largo de la tubería.

En el caso del caudal descargado por 60 compuertas abiertas a la mitad, las causas que provocan las diferencias de caudales a lo largo de la tubería se mantienen; aunque se observa una mayor uniformidad, debido a que el área de descarga de la compuerta se reduce, haciendo que el caudal que puede ser evacuado por las primeras compuertas sea menor.

Se ha demostrado hidráulicamente que en las tuberías con salidas múltiples las mayores variaciones de caudales se produce en el primer cuarto de la tubería, posteriormente estas diferencias disminuyen significativamente.

**Tabla 2** Caudal de las compuertas.

Caudal descargado por la compuerta $q$ (L/s)		
Inicio	Medio	Final
4,55	4,22	3,55
4,37	4,00	3,55
4,27	3,89	3,56
4,41	3,99	3,51
4,09	4,00	4,00
<b>4,34</b>	<b>4,02</b>	<b>3,63</b>

En la figura 5 muestra que la relación funcional entre el caudal descargado por la compuerta a diferentes distancias responde acertadamente a un modelo lineal:



$$q = -0.006L + 2.268$$

$$R^2 = 0.984$$

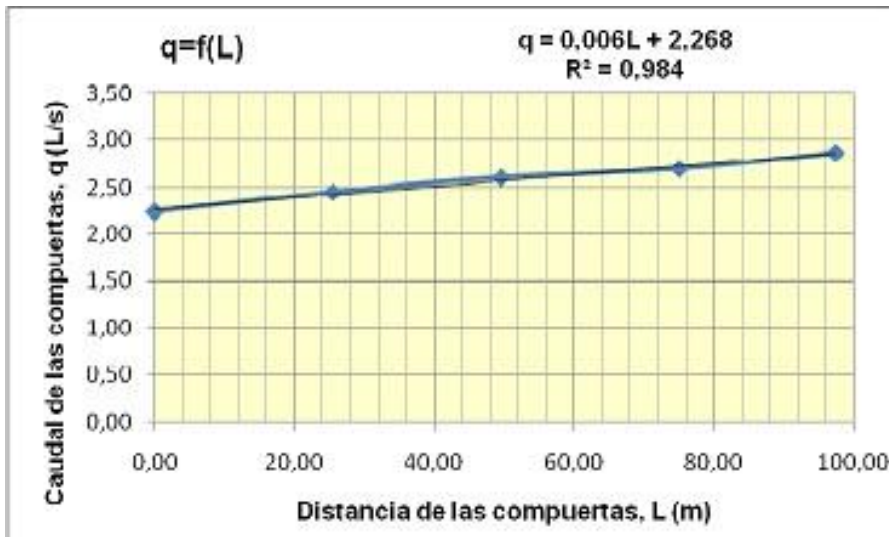


Figura 5. Caudal de la compuerta a lo largo de la tubería

El análisis de todas las compuertas juntas, considerando la condición de 60 compuertas abiertas totalmente y 60 compuertas abiertas a la mitad permite deducir un modelo polinomial de segundo orden para la estimación del caudal descargado por la compuerta a diferentes distancias a partir del inicio de la tubería. En este caso el coeficiente de determinación es más bajo que en los casos anteriores, debido a la mayor dispersión de los datos; no obstante se puede utilizar de forma práctica; pues los valores que se obtienen están dentro del rango esperado:

$$q = -0.0001L^2 + 0.008L + 4.533$$

$$R^2 = 0.720$$

A partir de la ecuación anterior se generan valores de caudales en casa unas de las 60 compuertas abiertas espaciadas cada 1.50 m que se muestra en la siguiente tabla 3.3 para una longitud de tubería de 100 m.

En la figura 6 se muestra la relación existente entre el caudal a la salida del surco en función del caudal de las compuertas.

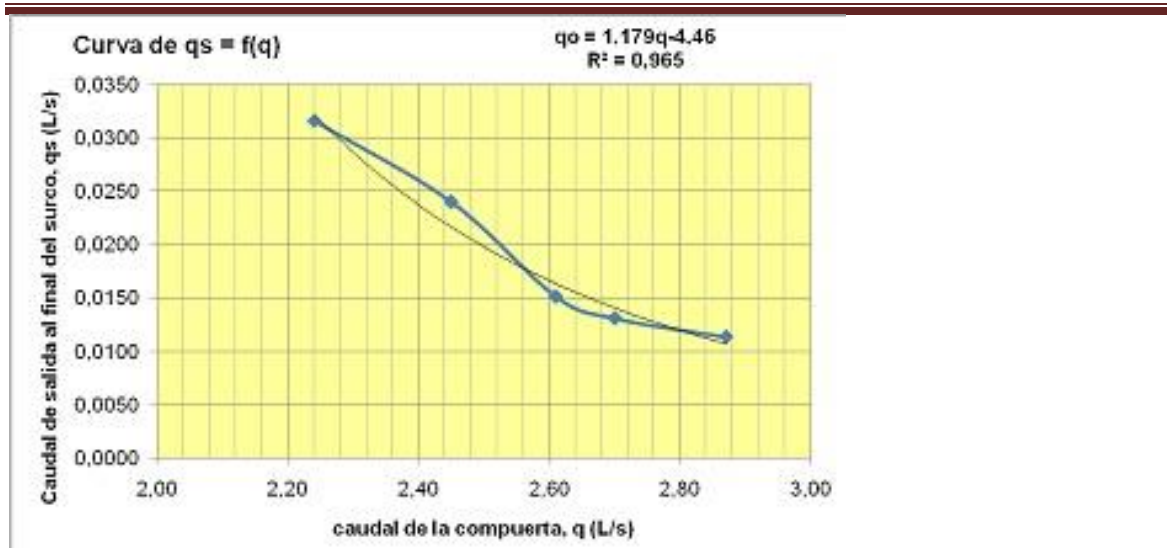


Figura 6 Caudal a la salida del surco en función del caudal de las compuertas.

**Tabla 3.** Caudales de 60 compuertas en la longitud de 100 m

L (m)	q (L/s)	L (m)	q (L/s)	L (m)	q (L/s)	L (m)	q (L/s)
0,00	4,35	22,50	4,19	45,00	4,04	67,50	3,88
1,50	4,34	24,00	4,18	46,50	4,03	69,00	3,87
3,00	4,33	25,50	4,17	48,00	4,02	70,50	3,86
4,50	4,32	27,00	4,16	49,50	4,00	72,00	3,85
6,00	4,31	28,50	4,15	51,00	3,99	73,50	3,84
7,50	4,30	30,00	4,14	52,50	3,98	75,00	3,83
9,00	4,29	31,50	4,13	54,00	3,97	76,50	3,82



10,50	4,28	33,00	4,12	55,50	3,96	78,00	3,81
12,00	4,27	34,50	4,11	57,00	3,95	79,50	3,79
13,50	4,26	36,00	4,10	58,50	3,94	81,00	3,78
15,00	4,25	37,50	4,09	60,00	3,93	82,50	3,77
16,50	4,24	39,00	4,08	61,50	3,92	84,00	3,76
18,00	4,23	40,50	4,07	63,00	3,91	85,50	3,75
19,50	4,21	42,00	4,06	64,50	3,90	87,00	3,74
21,00	4,20	43,50	4,05	66,00	3,89	88,50	3,73

### Carga de presión sobre la compuerta.

La carga de presión sobre la compuerta representa la energía expresada en columna de agua que actúa a lo largo de la tubería de salidas múltiples e influye decisivamente en la magnitud del caudal que se deriva en cada tramo de conducto. En la figura 7 se observa un decrecimiento de la carga de presión en la medida en que se incrementa la distancia. Esta variación es más notable en los primeros 20 metros; pues posteriormente se torna gradual.

El valor de la carga de presión sobre la compuerta puede ser estimado mediante un modelo exponencial con alto coeficiente de determinación:

$$h = 0.926e^{-0.0127L}$$

$$R^2 = 0.955$$

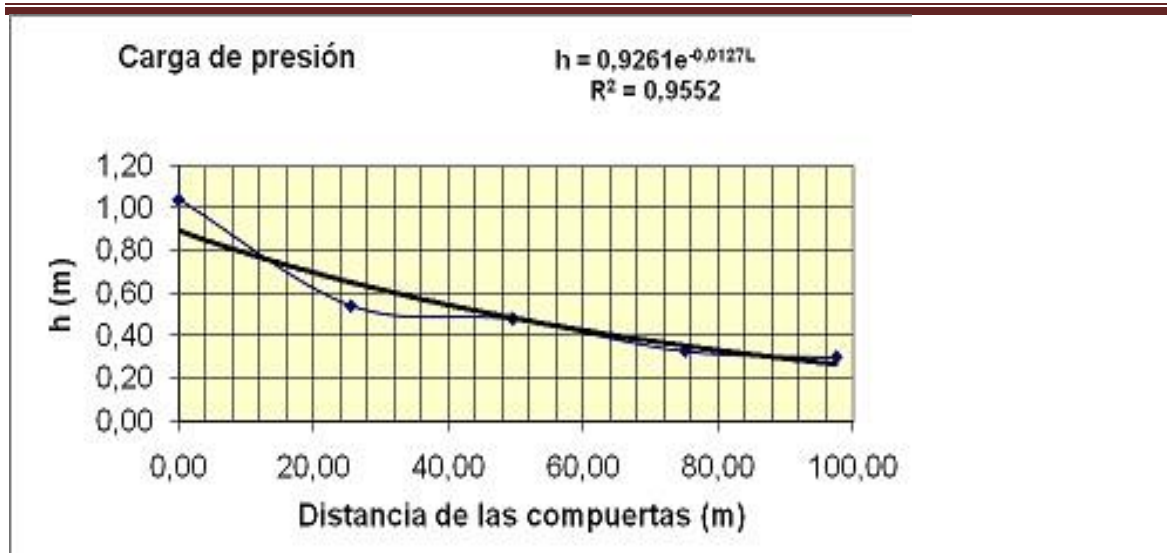


Figura 7. Variación de la carga de presión respecto a la distancia.

El valor de la carga de presión sobre la compuerta también se puede determinar a partir del caudal descargado por la compuerta (figura 8) mediante un modelo potencial con alto coeficiente de determinación:

$$h = 57,39q^{-5,06}$$

$$R^2 = 0,949$$

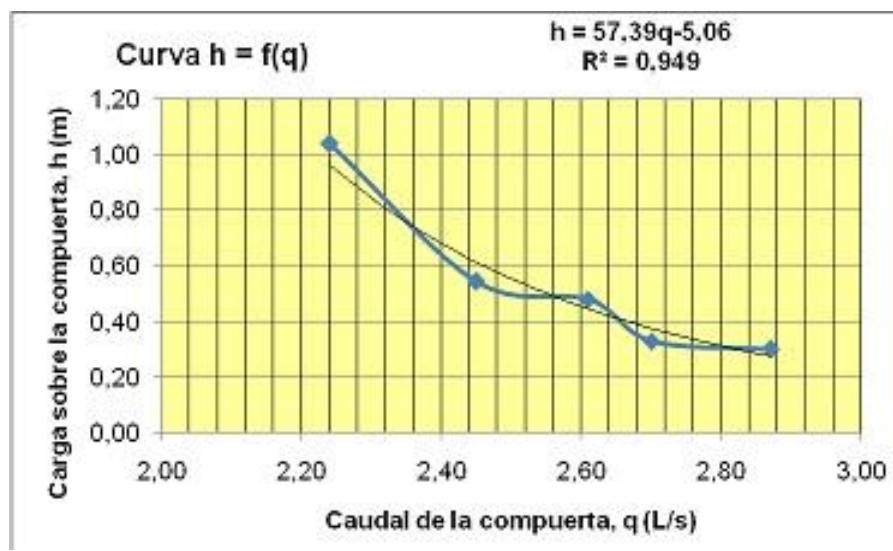


Figura 8. Variación de la carga de presión respecto al caudal de la compuerta.



Si se conoce el valor de la carga de presión sobre la compuerta es posible estimar el caudal que aporta la compuerta teniéndose en cuenta la estrecha relación existente entre estas dos variables que se expresa matemáticamente mediante la siguiente función potencial:

$$q = 2.239h^{-0.18}$$

$$R^2 = 0.949$$

En la Figura 9a se muestra el comportamiento del caudal de las compuertas respecto a la carga de presión que se ejerce.

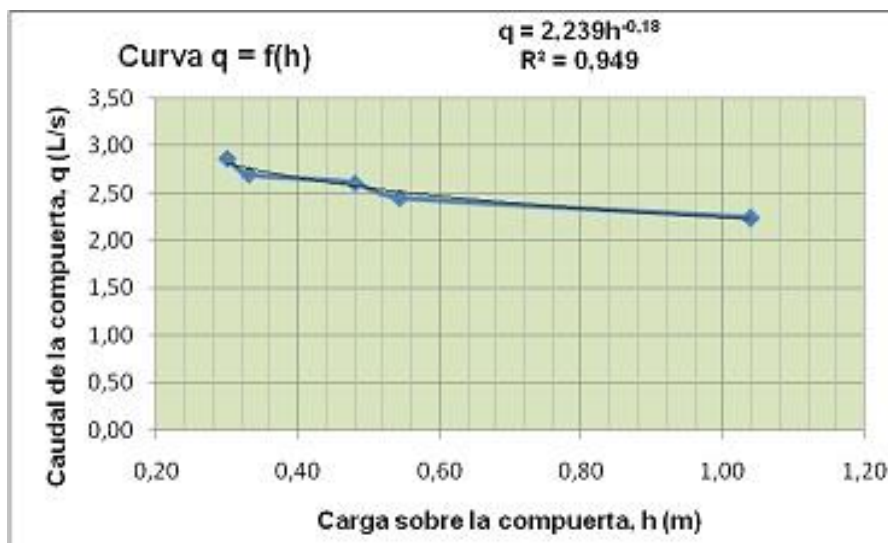


Figura 9 a: Variación del caudal de la compuerta respecto a la carga de presión.

Si se conoce la pendiente longitudinal de la parcela de riego, se puede estimar el caudal de diseño del surco, considerándose la estrecha relación existente entre estas dos variables (figura 9b) que se expresa matemáticamente mediante la siguiente función potencial:

$$q = -32624S_o^2 - 81.10S_o + 3.124$$

$$R^2 = 0.962$$

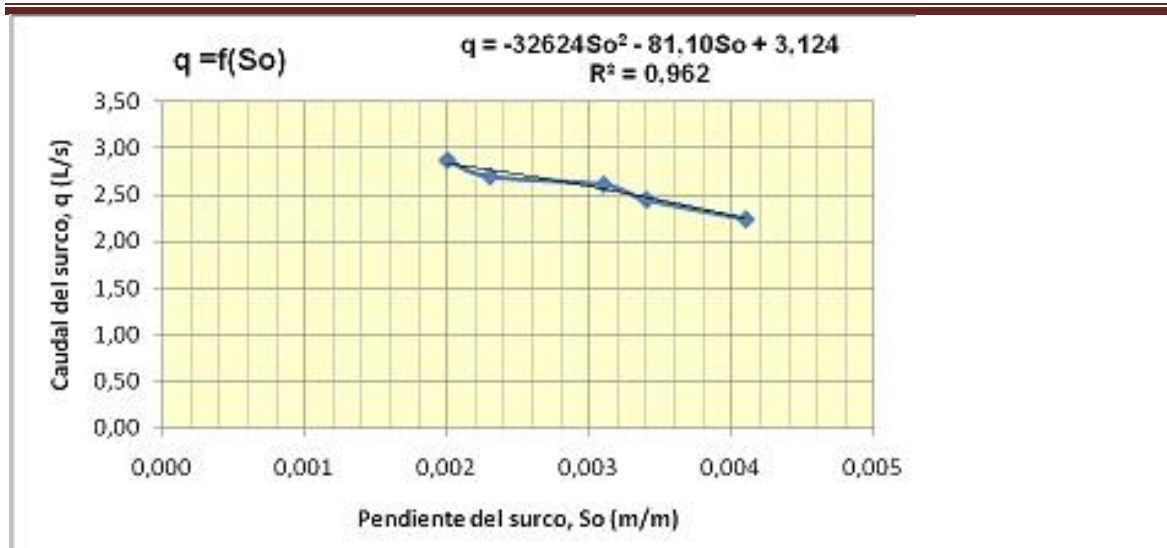


Figura 9 b. Caudal del surco respecto a la pendiente longitudinal de la parcela.

### Velocidad del agua en la tubería multicompuerta.

La velocidad del agua dentro de la tubería multicompuerta puede determinarse a partir de la carga de presión sobre la compuerta y el caudal descargado por la compuerta. La relación gráfica entre estas variables se muestra en las figuras 10 y 11 que a continuación relacionamos. En ambos casos se deduce una función potencial con alto coeficiente de determinación:

$$v = 2.834h^{-0.5}$$

$$R^2 = 0.999$$

$$q = 21.47h^{-2.53}$$

$$R^2 = 0.949$$

Dónde:

$v$  - velocidad del agua dentro de la tubería multicompuerta (m/s).

$h$  - Carga de presión sobre la compuerta (m).

$q$  - Caudal descargado por la compuerta (L/s).

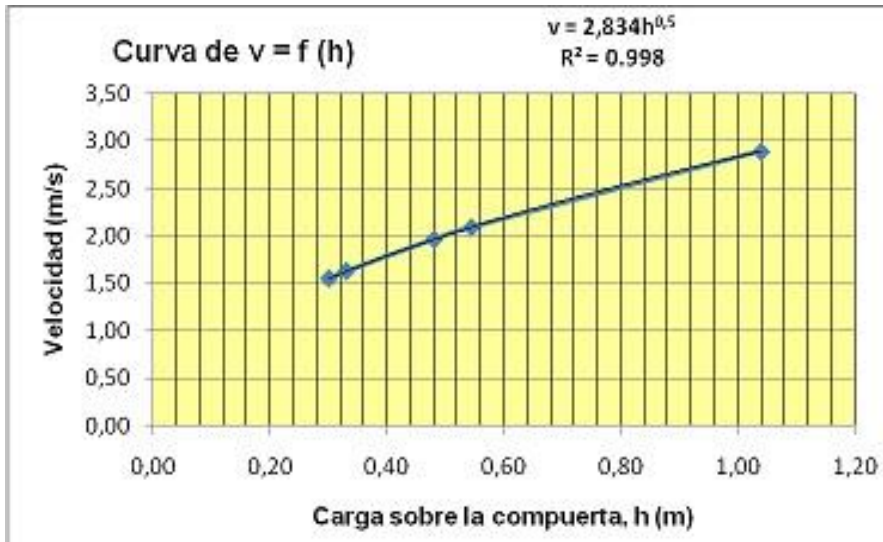


Figura 10. Velocidad del agua respecto a la carga sobre la compuerta

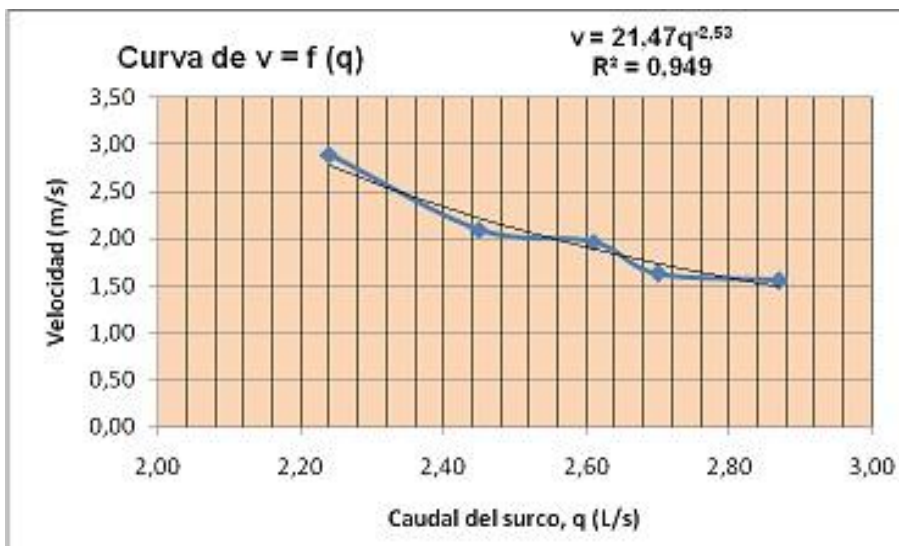


Figura 11. Velocidad del agua en la tubería respecto al caudal de la compuerta

### Análisis del avance del agua sobre el surco.

En las figuras 12, 13 y 14 se muestra el comportamiento de la curva de avance del agua en el surco para caudales de 2.24 L/s, 2.61 L/s y 2.87 L/s respectivamente. En todos los casos se observa que



la relación entre distancia y tiempo de avance puede ajustarse adecuadamente a un modelo polinomial de segundo grado, con un elevado coeficiente de determinación superior al 90%, lo que indica una alta relación funcional entre estas dos variables.

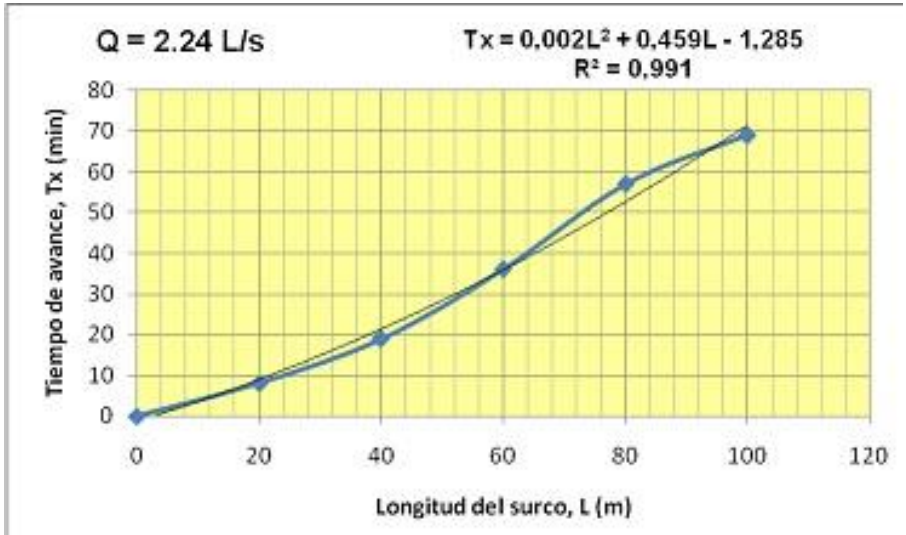


Figura 12. Curva de avance para el caudal de 2.24 L/s

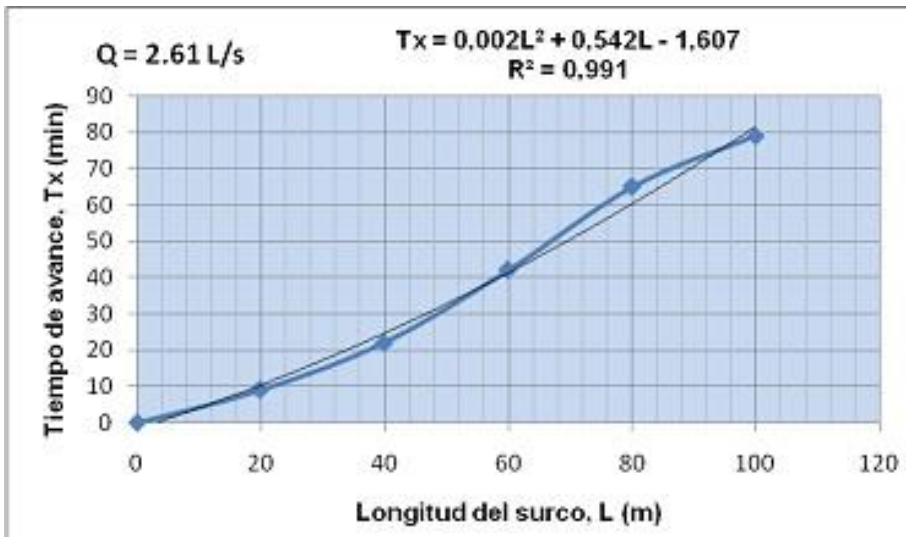


Figura 13 Curva de avance para el caudal de 2.61 L/s.

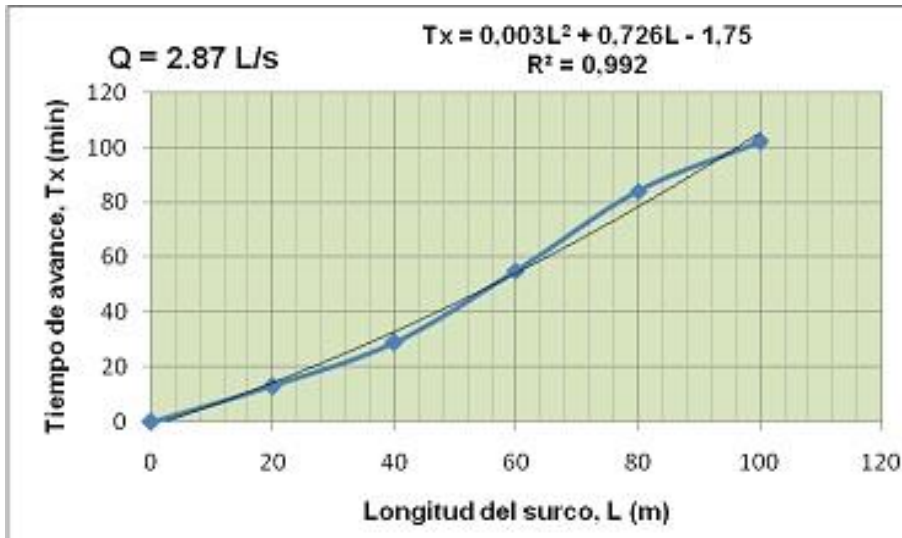


Figura 14. Curva de avance para el caudal de 2.87 L/s.

### Modelos potenciales de avance

Es usual el uso de la función potencial de avance para ajustar la distancia y el tiempo de avance a un modelo estadístico matemático. En este caso se proponen modelos polinomiales de quinto orden para la determinación del coeficiente **p** y el exponente **r** de esta función:

Donde

$$x = pt^r$$

$$p = -0.012x^5 + 0.2263x^4 - 1.6946x^3 + 6.391x^2 - 12.182x + 9.4182$$

$$R^2 = 0.8262$$

$$r = -0.8215x^5 + 16.19x^4 - 126.48x^3 + 489.45x^2 - 937.97x + 713.77$$

$$R^2 = 0.8345$$

$$x = \ln\left(\frac{t_L}{Q_0}\right)$$

También se determinó el valor promedio de los parámetros de ajustes p y r para su utilización práctica en esta zona de producción cañera. Los valores promedio obtenidos fueron:

$$\bar{p} = 0.02449$$



$$\bar{r} = 1.5918$$

La utilización de esos valores en la ecuación potencial de avances permitió alcanzar valores del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre 0.9674 y 0.9926.

### Análisis de la curva de recesión

La curva de recesión se determina a través del siguiente modelo lineal  $tr_i = tr_1 + mx_i$ . En este caso la pendiente se obtiene mediante la función polinomial de tercer orden que se expresa a continuación:

$$m_r = 23216x^3 + 7319x^2 - 728.72x + 27.544$$

$$R^2 = 0.9745$$

Donde

$$x = \ln(t_L)$$

También se determinó el valor promedio de la pendiente de la curva de recesión con un valor promedio de  $\bar{m}_r = 0.1018$ . La utilización de este resultado en la ecuación lineal de recesión permitió lograr un coeficiente de determinación entre 0.8963 y 0.9342, lo que demuestra su validez para la simulación de la curva de recesión a partir del tiempo de avance en el extremo final del surco.

### Mejoramiento de la Uniformidad del riego.

En la tabla 3.4 se muestran los resultados del diseño del sistema de riego con tuberías multicompuertas para la condición de 60 compuertas abiertas, considerando una descarga promedio de 2.04 L/s. Se comprueba que para estas condiciones las pérdidas totales que ocurren en la tubería es de 0.50 m, inferior a las pérdidas máximas admisibles que es de 0.87 m; por lo que hidráulicamente representa un comportamiento satisfactorio.

**Tabla 4.** Parámetros de la tubería multicompuerta con 60 compuertas abiertas.

Datos de entrada		Resultados			
N <sub>CA</sub>	60,00	N <sub>C</sub>	60	NR	102312,05



<b>w (m)</b>	1,50	<b>N<sub>cc</sub></b>	0	<b>f</b>	0,0043
<b>D<sub>T</sub> (mm)</b>	254,0	<b>L<sub>A</sub> (m)</b>	90,0	<b>h<sub>f</sub> (m)</b>	0,46
<b>S<sub>o</sub></b>	0,0014	<b>L<sub>C</sub> (m)</b>	0,0	<b>h<sub>loc</sub> (m)</b>	0,05
<b>L<sub>T</sub> (m)</b>	90,0	<b>Δh (m)</b>	0,74	<b>h<sub>fT</sub> (m)</b>	0,50
<b>C</b>	130	<b>ΔZ (m)</b>	0,13		
<b>q<sub>o</sub> (L/s)</b>	2,04	<b>h<sub>fmax</sub> (m)</b>	0,87		
<b>h<sub>ini</sub> (m)</b>	1,04	<b>Q (L/s)</b>	122,40		
<b>h<sub>fin</sub> (m)</b>	0,30	<b>v (m/s)</b>	2,42		

En la tabla 5 se presentan los resultados de los parámetros que permiten determinar el coeficiente de uniformidad y la uniformidad de distribución. Se demuestra que el diseño propuesto logra un coeficiente de uniformidad de 93.3 % con una uniformidad de distribución del 89.9 %, los cuales se consideran satisfactorios para estas condiciones.

**Tabla 5 :** Parámetros del coeficiente de uniformidad y uniformidad de distribución.

<b>N<sub>CA</sub></b>	<b>L<sub>T</sub> (m)</b>	<b>q<sub>i</sub> (L/s)</b>	<b>h (m)</b>	<b>I<sub>qi</sub> - q<sub>mI</sub></b>
1	0,0	2,27	0,93	0,266
10	13,5	2,19	0,78	0,185
20	28,5	2,10	0,64	0,095
30	43,5	2,01	0,53	0,004
40	58,5	1,92	0,44	0,086
50	73,5	1,83	0,36	0,176
60	88,5	1,74	0,30	0,266



$\Sigma$		<b>120,15</b>	<b>33,36</b>	<b>8,100</b>
<b>Promedio</b>		<b>2,00</b>	<b>0,56</b>	
<b>N<sub>CA</sub>·q<sub>m</sub></b>		<b>120,15</b>		

En la 6 tabla se muestran los resultados del diseño del sistema de riego con tuberías multicompuertas para la condición de 30 compuertas abiertas. Para estas condiciones se logra un ligero mejoramiento del coeficiente de uniformidad al obtenerse un valor de 96.8 %; pero la uniformidad de distribución disminuye ligeramente a un 88.8 %.

**Tabla 6.** Parámetros de la tubería multicompuerta con 30 compuertas abiertas.

<b>N<sub>CA</sub></b>	<b>L<sub>T</sub> (m)</b>	<b>q<sub>i</sub> (L/s)</b>	<b>h (m)</b>	<b>I<sub>qi</sub> - q<sub>m</sub>I</b>
1	0,0	2,27	0,93	0,130
10	13,5	2,19	0,78	0,049
20	28,5	2,10	0,64	0,041
30	43,5	2,01	0,53	0,131
$\Sigma$		<b>64,13</b>	<b>21,34</b>	<b>2,025</b>
<b>Promedio</b>		<b>2,14</b>	<b>0,71</b>	
<b>N<sub>CA</sub>·q<sub>m</sub></b>		<b>64,13</b>		

## CONCLUSIONES

El caudal de las compuertas considerándose 60 compuertas abiertas totalmente, muestra notables diferencias entre las descargas al inicio, medio y final de la tubería multicompuertas; sin embargo, en el caso del caudal descargado por 60 compuertas abiertas a la mitad se obtiene una mayor uniformidad en los caudales que aportan las compuertas a lo largo del conducto.





El valor de la carga de presión sobre la compuerta puede ser estimado mediante un modelo exponencial con alto coeficiente de determinación. Este parámetro permite estimar de forma indirecta la magnitud del caudal y la velocidad del agua en cada punto de la tubería multicompuertas.

Las funciones polinómicas deducidas para la estimación del coeficiente  $p$  y el exponente  $r$  de la función potencial de avance, ha demostrado consistencia en la simulación de la fase de avance del riego por surcos.

Los valores promedios de los parámetros geométricos del surco  $\rho_1 = 0.539$  y  $\rho_2 = 1.361$  pueden utilizarse con seguridad en el diseño del riego por surcos.

Los valores promedios de los parámetros geométricos del surco en suelos ferralíticos  $\rho_1 = 0.539$  y  $\rho_2 = 1.361$  pueden utilizarse con seguridad en el diseño del riego por surcos.

La curva de recesión puede simularse adecuadamente a partir del modelo lineal tipo  $tr = m_r x + tr_1$  para las condiciones de suelos, caudales, pendientes y longitudes de surcos evaluados en este trabajo.

El empleo del modelo polinómico de tercer orden o el valor promedio de la pendiente de la curva de recesión  $m_r = 0.1018$  produce una buena estimación de la fase de recesión del riego por surcos.

## REFERENCIAS

- Bishop, A. A; Walker, W. R; Allen, N. L; y Poole, G. J. (1981) "Furrow advance rate under surge flow systems." Journal of the irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. No. IR3 paper 16502: 257-263.
- Brown, O. (2000) "Aplicación de la ecuación de balance de volumen en el diseño y evaluación del riego por surcos." Tesis de Maestría en Ingeniería de Riego y Drenaje. Centro de Estudios Hidrotécnicos. Universidad de Ciego de Avila, Cuba.
- Colpozos.: "El fertirriego en sistema de riego con tuberías multicompuertas". Disponible en [www.colpozos.com/riego.html](http://www.colpozos.com/riego.html). Abril del 2008. Consultado en febrero del 2015.
- Elliott, R. L; Walker, W. R; y Skogerboe, G. V. (1982) "Zero Inertia modeling of furrow irrigation advance". Journal Irrigation and Drainage. Division ASCE, 108 (3): 179- 195.
- García, J; Dehoguez, E. y Tzenova, Liliana (1996a) " El riego." Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana. Cuba.
- García, N. H; Barrios, J. N; Patiño, C; Pacheco, E. y Brown, O. (1996b) " I Curso Taller Internacional de riego por gravedad IMTA-UNICA." Centro de Estudios Hidrotécnicos. Universidad de Ciego de Ávila



---

Israelsen, O. W. y Hansen, V. E. (1965) " Principios y applications del riego. Segunda edición. Editorial Reverte. S.A. México.

INTA.: "Riego por surcos con caudal intermitente". Disponible en <http://www.inta.gov.ar/producto/riego/surco2.htm>. Septiembre de 2001. Consultado en febrero de 2015.

Utah State University (1989). SIRMOD (Surface Irrigation Simulation Software). Department of Agricultural and Irrigation Engineering. Utah State University, Logan Utah, USA.

Pacheco, J; Alonso, N; Pujol, P; y Camejo, L. E. (1995) "Riego y drenaje." Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, Cuba.

Pérez, Hernández, R. (1995) "Metodología para la evaluación del riego por surcos." Centro Nacional de Capacitación Azucarera. Ciudad de la Habana. Cuba.

Walker, W .R; y Humpherys, A. S. (1983) "Kinematic wave furrow irrigation model". Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 109 (4): 377-392.



## Análisis sísmico del noroeste de San Rafael del Sur

Tupak Ernesto Obando Rivera, geólogo-investigador

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, tobando\_geologic@yahoo.com

### RESUMEN

La investigación analiza la sismicidad del Noroeste de San Rafael del Sur para ordenamiento físico de ese territorio. En el estudio realizado, se revisaron recursos bibliográfico y cartográfico existentes; se interpretaron modelos geo-estructurales del terreno; se calcularon e interpretaron datos geológicos de campo usando equipos electrónicos; se analizaron sismos histórico - instrumentales con software ArcGis 9. Con esto se obtuvo cartografía sísmica y geológica del área estudiada. A su vez, se logró la zonación sísmica usando modelo numérico predictivo  $[0,015e^{0,868M}/(R + 0,060e^{0,7M})^{1,09}]$ . De igual manera, se obtuvo geometría espacial de fuentes sismo-generadoras locales. Asimismo, se lograron perfiles de suelos detallados. Finalmente, se alcanzó la iconografía pormenorizada de características geológicas in situ. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que fallas geológicas ocultas constituyen la generatriz de sismos, expresada en 24 eventos superficiales menor de 8.9km y magnitudes entre 2,7 a 3,3 ° Richter, formando 3 ejes de dirección Suroeste-Noreste y Norte-Sur vistos en terrazas de Ríos Jesús y Jordán. Finalmente, se revela suelos frágiles ante intensidad sísmica entre 0.4 - 0.5g en El Tamarindo y Los Jaras, contrario a suelos arenosos firmes y estables de San Rafael del Sur con efecto atenuador de 0,009 a 0,01g

**Palabras Clave.**- sismo, geología, generatriz, magnitud

### SUMMARY.-

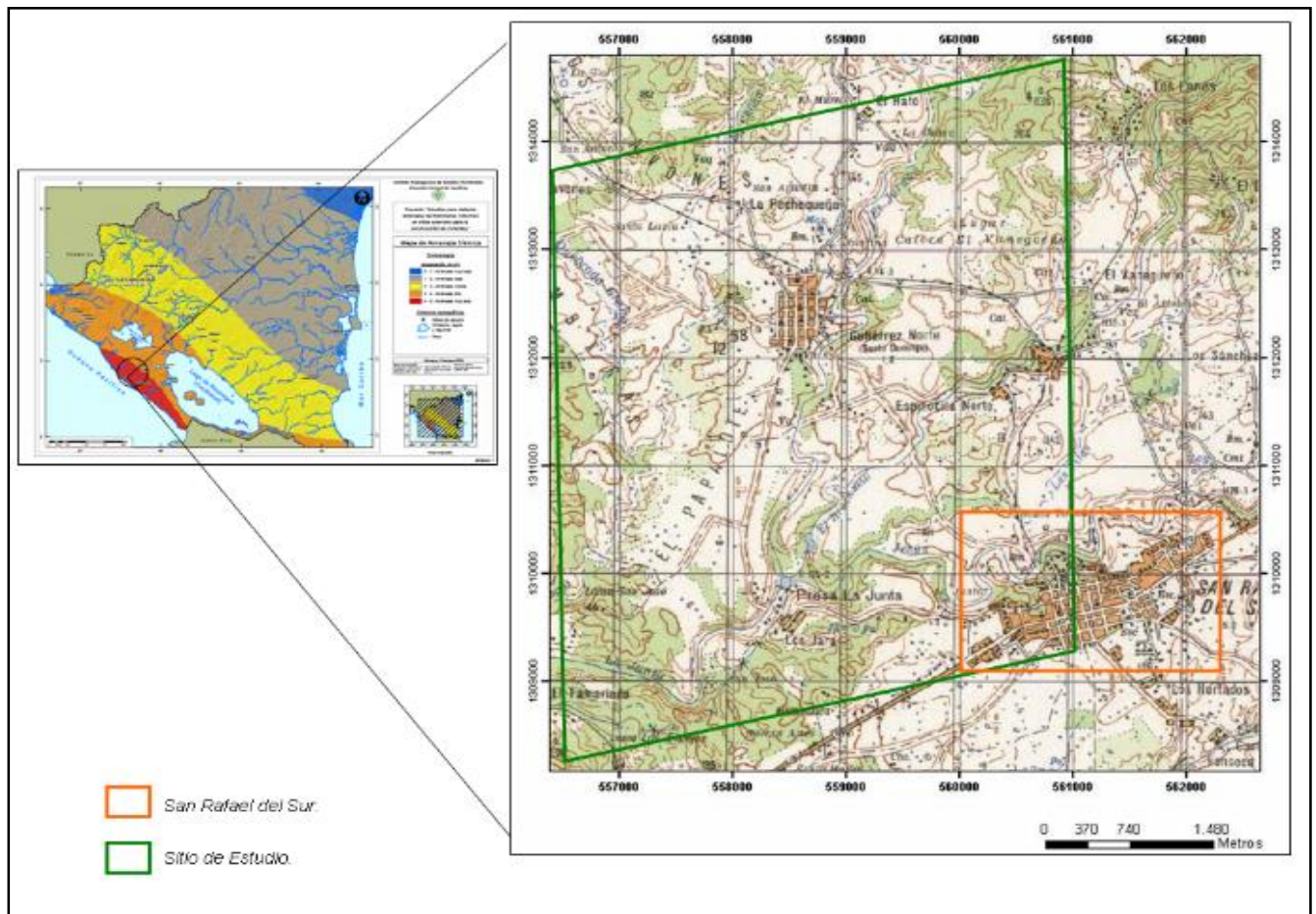
The research analyzes the seismicity of Northwest San Rafael del Sur for physical planning of the territory. In the study, bibliographic and cartographic existing resources were reviewed; geo-structural models were interpreted terrain; They were calculated and interpreted geological field data using electronic equipment; historical earthquakes were analyzed - instrumental software ArcGis 9. With this seismic and geological mapping of the area studied was obtained. In turn, the seismic zonation was achieved using predictive numerical model  $[0,015e^{0,868M}/(R + 0,060e^{0,7M})^{1,09}]$ . Similarly, spatial geometry of earthquake-generating local sources was obtained. Also, detailed soil profiles were achieved. Finally, the iconography detailed geological characteristics in situ was reached. From the results, it is concluded that hidden faults constitute the generatrix of earthquakes, surface expressed in 24 events less than 8.9km and magnitudes between 2.7 to 3.3 ° Richter, forming 3-axis direction and Southwest-Northeast North-South River terraces seen in Jesus and Jordan. Finally, fragile soils is revealed to seismic intensity between 0.4 - 0.5g in El Tamarindo and Los Jaras, contrary to firm and stable sandy soils of San Rafael del Sur with attenuating effect of 0.009 to 0.01 g

**Keywords** .- words earthquake, geology, generatrix magnitude



## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se enmarca en un área al noroeste de San Rafael del Sur, a sólo 46km de Managua cuyo objetivo es analizar la sismicidad para la planificación física, y uso importante de esa región. Algunos trabajos realizados por **GSHAP (1999)**, considera la zona con alta amenaza sísmica, e importante por su proximidad a la estructura activa Graben de Managua, en donde residen 41,574 habitantes (116 hab/km<sup>2</sup>). El sitio investigado con forma rectangular y superficie de 46km<sup>2</sup> (**Ilustración 1**), limitó al Suroeste con Masachapa; al Norte de San Cayetano; al Este con Casa de Teja; y al Sur con



San Rafael del Sur y La Junta

Figura 1. Localización del área estudiada a escala 1:37,000. Fuente: IGN, 1971

El territorio de interés fue propuesto por la disponibilidad de datos de sismos superficiales locales, un área de interés económico y turístico, y fácilmente accesible en vehículo, en cuyos



alrededores se emplazan obras civiles horizontales y verticales de carácter residencial, comercial, educacional e industrial importante para sus pobladores y comunidades vecinas.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

La presente investigación es tipo descriptivo - analítico, de carácter retrospectivo y de corte transversal. El territorio investigado está ubicado al Noroeste de San Rafael del Sur según Mapa topográfico del lugar con código 2951-IV del año 1986 a escala 1:50,000 publicado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) (figura 1)

Para esto se aplicó técnicas informática, y documentales iconográficas, la observación y medición de campo usando equipos electrónicos, modelos matemáticos, y cartográficos a escala 1/50,000

Para obtener la información se procedió de la siguiente manera:

### **Revisión bibliográfica y fuentes de documentación**

Se revisó y analizaron recursos bibliográficos disponibles en instituciones públicas del país y consultas a expertos nacionales. La bibliografía consultada se encontró en Biblioteca Jaime Incer Barquero en Managua

### **Equipo de Oficina.**

Los instrumento empleados en tarea de oficina fueron accesorios de escritorio (borrador, lápices de colores, papelería, lápiz y borrador), mapas topográfico y geológico a escala 1:50,000; documentos escritos; uso e impresiones de computadora de la biblioteca.

### **Trabajo de campo**

Esta etapa se buscó evidencias físicas en el terreno (figura 2) de la actividad sísmica debido a fuente sismo-generadora locales, aprovechando las condiciones de accesibilidad de los lugares como El Tamarindo, Los Jaras y terrazas fluviales de Río Jordan y Jesús.

### **Equipo de campo**

Los instrumentos de campo empleados fueron martillo de geólogo, cinta métrica, lápiz y borrador, libreta de campo, cámara fotográfica y rollos, GPS manual marca GARMIN eTrex Summit, fotografías aéreas, y otros.



Para comprobar la medición de parámetros y ubicación de elementos de interés geológico en sitios puntuales del área investigada se han tomado fotografía con cámara digital de 4.0 megapíxeles de resolución marca OLYMPUS



Figura 2 documentación iconográfica local

### Procesamiento y análisis de la información

En esta fase se presentaron gráficamente los resultados a través de mapas, gráfico y otros. Se preparó cartografía de detalle usando programa informático del sistema de información geográfica (SIG) como ArcGis 9.

A su vez, se empleó programas de Microsoft Office como Word y Excel para la elaboración del documento final.



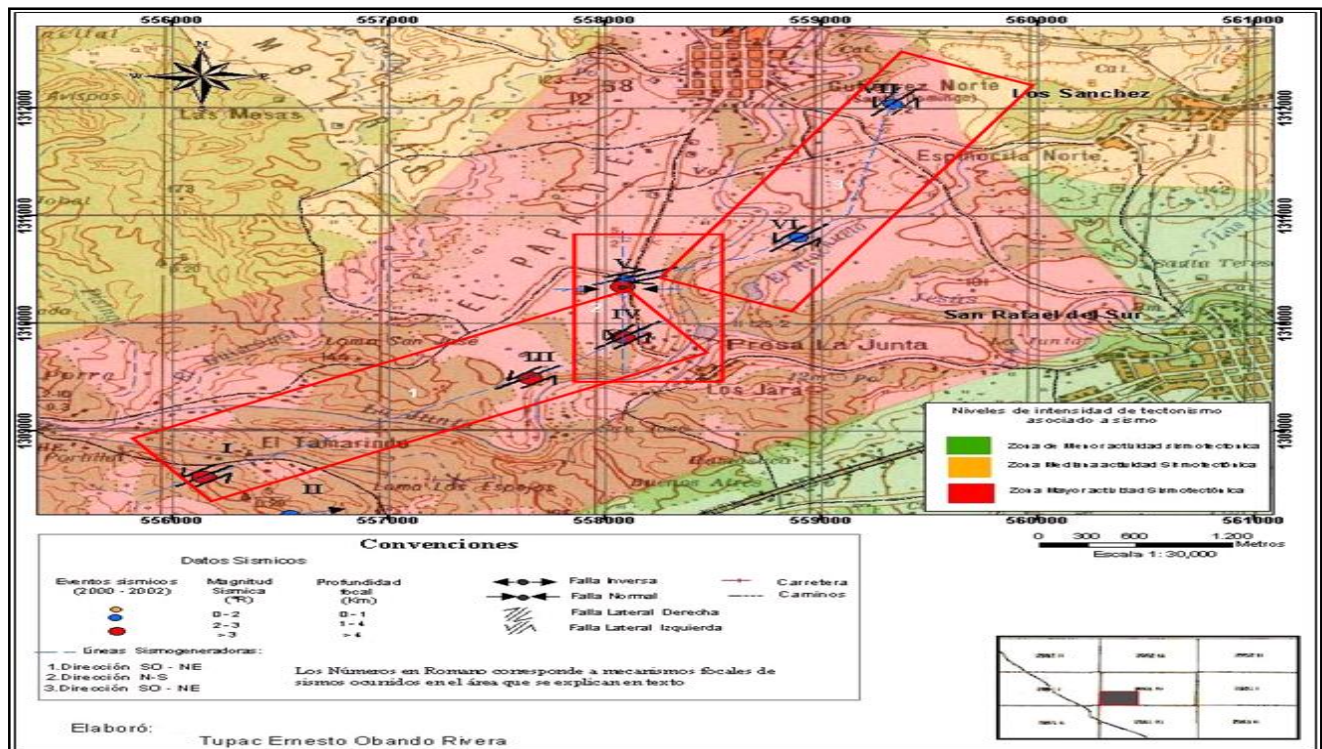
## Elaboración del informe

Esta fase consistió en la elaboración de un documento final siguiendo pasos antes mencionado, obtenidos del trabajo geológico de campo y tareas de oficina con sus respectivos mapas, gráficos, diagramas, análisis de la situación, conclusiones y recomendaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del mapa (figura 3) de epicentros y estructuras geológicas para el área Noroeste de San Rafael del Sur, presenta áreas con actividad tectónica alta en comunidades Tamarindo, Los Jaras y Gutiérrez Norte. Estos lugares están alojados en tres planos de esfuerzo sísmico, dos de dirección Noreste-Suroeste y uno Norte-Sur. En el área de estudio se señalan epicentros de sismos con magnitudes de 0 a 3° Richter con profundidades 0- 3km, capaz de ocasionar menoscabos en viviendas locales exigua calidad sismo-resistente debido a materiales empleados y tipología constructiva.

Figura 3. Mapa epicentral y elementos geológicos





En el territorio investigado, se presentan dos tipos de roturas en el terreno (figura 4) acompañados de desplazamientos en el suelo (fallas geológicas) diferenciada una de otras por sus componentes de movimiento, uno de tipo vertical y otro horizontal con evidencia impresa en afloramientos rocoso y terrazas fluviales de Ríos Jesús y Jordán

Estos primeros resultados confirman lo enunciado por otros especialistas como Segura (2005), quién valora San Rafael del Sur y sus alrededores como zona de baja sismicidad superficial con más de 30 años de inactividad. Segura, sugiere un comportamiento anómalo reconocido instrumentalmente entre los años 2000-2002.

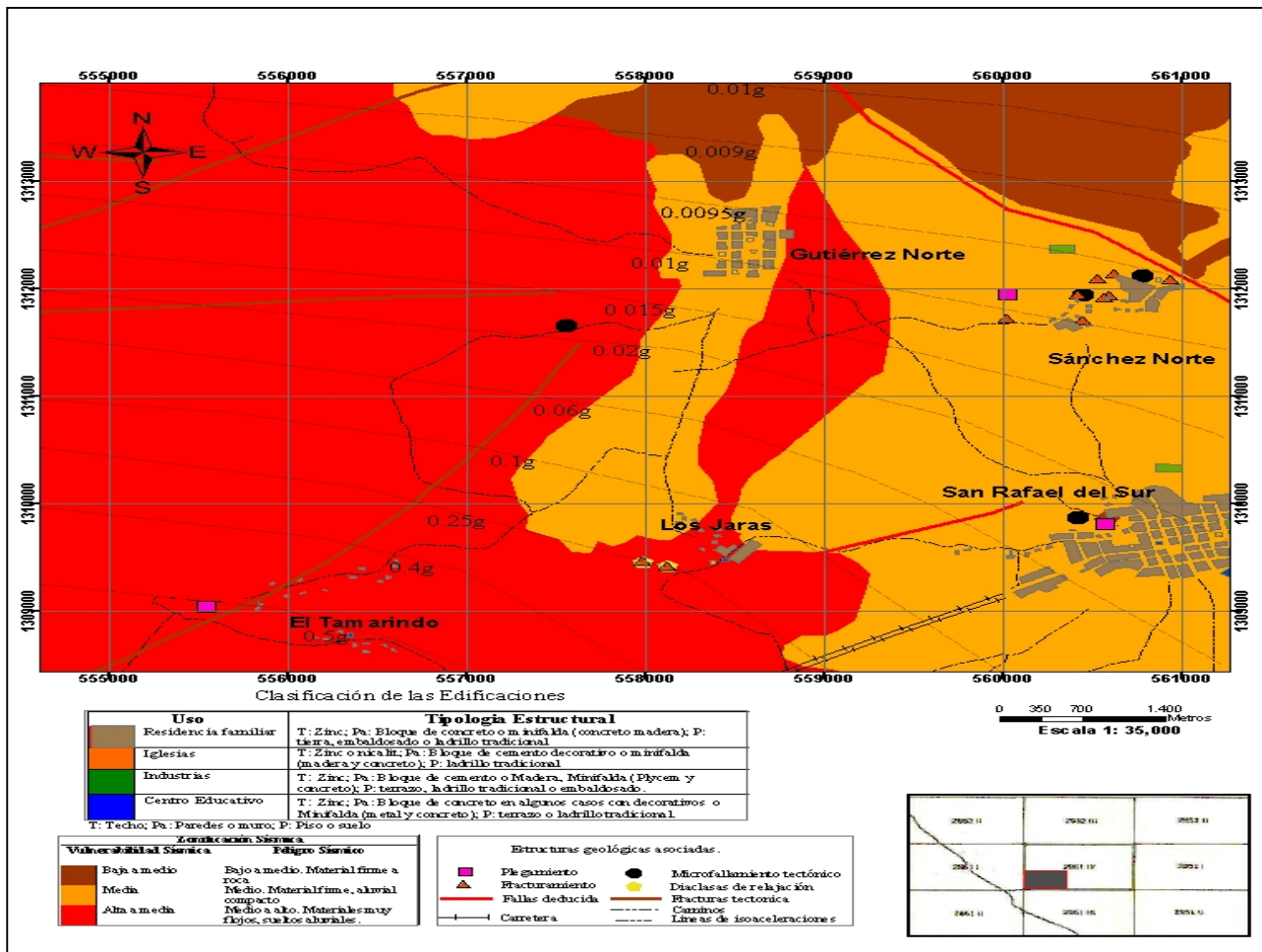


Figura 4. Zonación sísmica local aplicando modelo numérico:  $[0,015e^{0,868m/(r + 0,060e^{0,7m})1,09}]$

De acuerdo con el mapa de zonificación sísmica se señalan valores de intensidad sísmica alto sobre todo en la comunidad El Tamarindo y Los Jaras, en donde la consistencia del suelo blando y frágiles comprendido entre 0,4 a 0,5 grados de gravedad (g). Y mediciones baja en la intensidad del movimiento





sísmico, particularmente, en la municipalidad de San Rafael del Sur con valores entre 0,009 a 0,01 grados de gravedad<sup>1</sup> (g) (1g: Componente vertical de la aceleración del suelo igual a 980 cm/s<sup>2</sup>) debido a la consistencia física y consistencia de suelo firmes y estables.

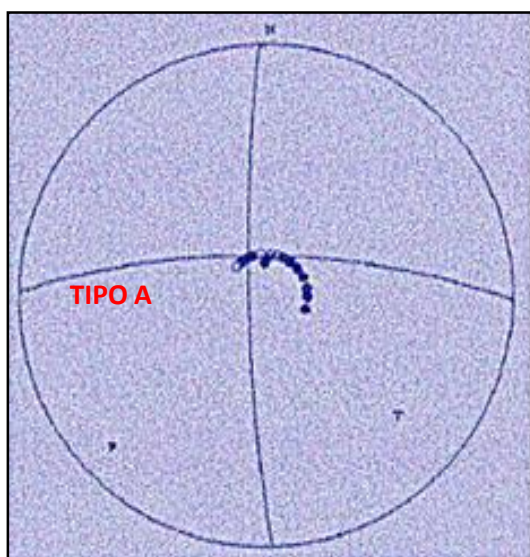
De igual manera, se presentan en el área de interés evidencias físicas impresas en rocas, tales como fracturas y flexuras de material geológico, deslizamiento, microfallamiento tectónico, entre otros.

A su vez, se presenta en el lugar de estudio edificaciones físicas, ocupadas mayormente por viviendas familiares construidas con techo de zinc, paredes de bloque de concreto o minifalda (concreto de manera) y piso de tierra, embaldosado o ladrillado tradicional.

Por el contrario, algunos expertos, sugieren sismos de foco superficial con intensidades sísmica menores entre 0,05 a 0,24 grados de gravedad (g) para San Rafael del Sur comprendida entre con períodos de retorno entre 5 a 500 años. (Zapata R, 1985: 16)

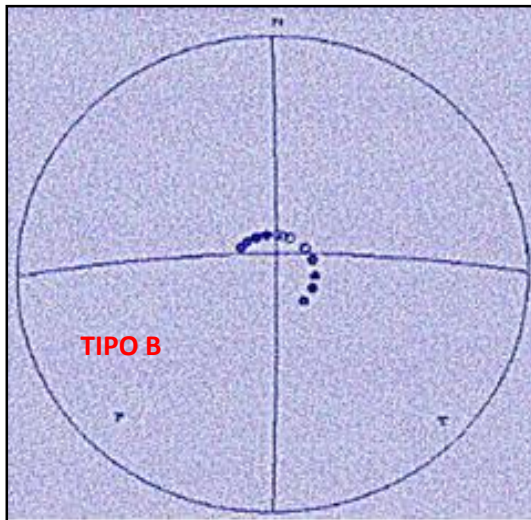
Finalmente, se obtienen mecanismos de roturas del suelo a través de programa informático **SUN-SYSTEM X-WIN 32** para uso en ambiente sísmico con libre carácter de distribución en INTERNET. Los resultados gráficos (**Ilustraciones 5, 6, 7, 8, 9 y 10**) y su análisis se presentan a continuación

A.- Sugiere un sismo con magnitud de 3.5° Richter, profundidad focal de 100 m ocurrido a 05:24Hrs asociado a falla lateral izquierda obtenida del mecanismo de ruptura I. (Figura 5)



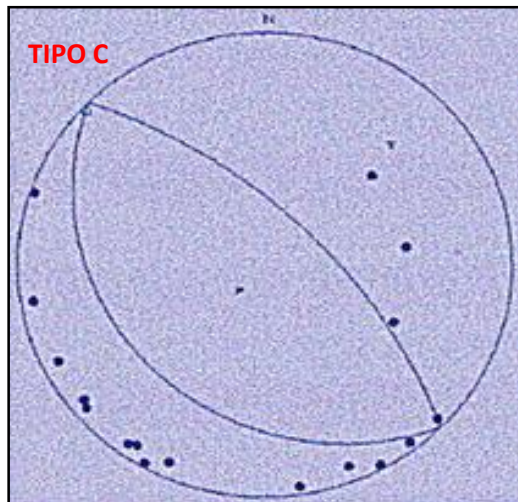
Figura

5. Mecanismo geométrico de rotura no 1.



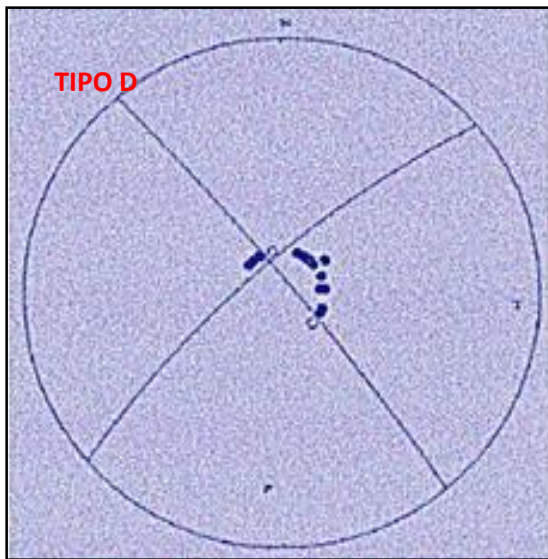
B.- Indica un sismo con magnitud de 3.0° Richter, profundidad focal de 0 m ocurrido a 05:24Hrs asociado a falla lateral izquierda obtenida del mecanismo de ruptura III (Figura 6)

Figura 6. Mecanismo geométrico de rotura no 2



C.- Señala un sismo con magnitud de 2.6 Richter, profundidad focal de 8.5km ocurrido a 05:20Hrs asociada falla normal obtenida del mecanismo de ruptura IV. (Figura 7)

Figura 7. Mecanismo geométrico de rotura no 3



D.- Sugiere un sismo con magnitud de 2.8°

Ritcher, profundidad focal de 8km ocurrido a 05:20Hrs asociado a falla lateral derecha obtenido del mecanismo de ruptura V (Figura 8)

Figura 8. Mecanismo geométrico de rotura no 4

E.- Indica un sismo con magnitud de 2.5° Ritcher, profundidad focal de 1.1km ocurrido a 05:20Hrs asociada falla lateral izquierda obtenida del mecanismo de ruptura VI (Figura 9)

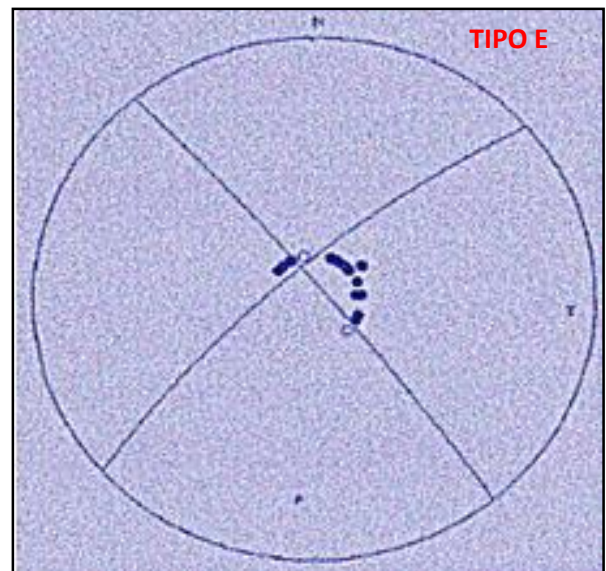
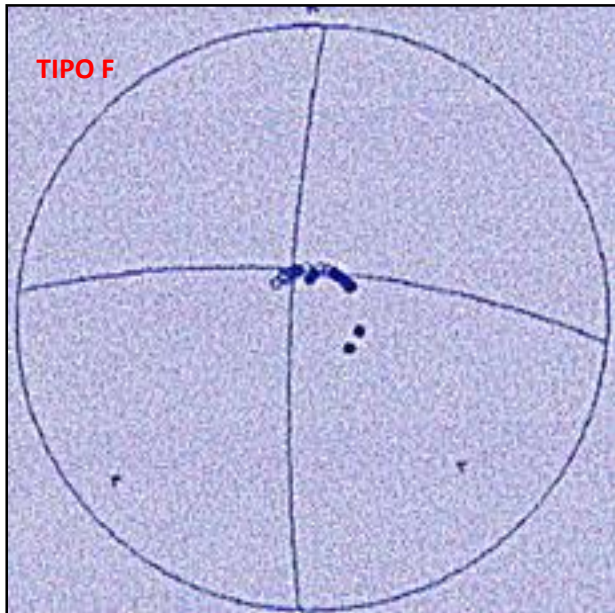


Figura 9. Mecanismo geométrico de rotura no 5



F.- Señala un sismo con magnitud de 3.6° Richter, profundidad focal de 1km ocurrido a 04:21Hrs asociado a falla lateral izquierdo obtenido del mecanismo de ruptura VII.

(Figura 10)

Figura 10. Mecanismo geométrico de rotura no 6

## CONCLUSIONES

A partir del análisis de los resultados, se concluye que en área al noroeste de San Rafael del Sur:

La principal fuente sismo-generadora local reconocida lo constituye fallas geológicas con desplazamiento del suelo horizontal, pero sus vectores de movimiento superficial escapan de la observación en el terreno.

Veinticuatro sismos perpendiculares recientes conforman dos planos de tendencia, dos Suroeste-Noreste y uno Norte-Sur relacionado con hallazgo de actividad sísmica encontrados en afloramiento de rocas y terrazas de Ríos Jesús y Jordán.

Las profundidades de sismos particulares varían de 0 – 3km con magnitudes entre 2 – 3 °Richter.

La densidad<sup>2</sup> de evidencia física en los alrededores del área de interés, es de 0.52km/km<sup>2</sup> para fallas geológicas y 0.29km/km<sup>2</sup> fracturas tectónicas.

Al aplicar modelos numérico predictivo [ $0,015e^{0,868M}/(R + 0,060e^{0,7M})^{1,09}$ ], se muestra suelos frágiles arcillo-limoso sueltos o aluviales sin consolidar ante intensidad sísmica entre 0.4 - 0.5g en El Tamarindo y Los Jaras calificándose con niveles mayores de Peligro Sísmico, contrario a suelos de



textura arenosa firmes y estables de San Rafael del Sur, Los Gutiérrez Norte y Sánchez Norte con efecto atenuador de 0,009 a 0,01g calificándose con niveles menores de Peligro Sísmico.

## AGRADECIMIENTO

A Msc. Sismólogo Fabio Segura Mójica, por su colaboración profesional en esta investigación.

## REFERENCIAS

Instituto Geográfico Nacional (1971). *Mapa geológico cuadrángulo "San Rafael del Sur, a escala 1:50,000"*. Managua. Instituto Geográfico Nacional. 1<sup>era</sup> edición.

Programa Global para la Amenaza Sísmica -GSHAP - (1999). *Mapa de Amenaza Sísmica de Nicaragua a escala 1:1000,000*. Managua. GSHAP. 1<sup>era</sup> edición

Segura, F. (2005). *Sismos en San Rafael del Sur (entrevista)*. Managua, Dirección General de Geofísica, INETER-Managua.

Zapata, R. y Duarte, M. (1985). *Riesgo sísmico para "Ampliación de la planta de Cemento" en San Rafael del Sur*. Managua. SGN. 1<sup>era</sup> edición