

## **COMPARACION DEL MÉTODO CALDERON-PAVLOVA VS. MÉTODO MEHLICH III PARA EL ANALISIS DE SUELOS**

Por: Felipe Calderón Sáenz I. Min. y Catalina Correa, I.Q.

Dr. Calderón Asistencia Técnica Agrícola Ltda.

Avda. Cra. 20 No. 87-81, Bogotá D.C., Colombia S.A.

E-mail: calderon@drcalderonlabs.com

Fecha del Ensayo: 14 de Febrero de 2007

Rev. Abril 24 de 2010.

### **INTRODUCCION**

Con el fin de probar la validez de algunos de los métodos desarrollados e incorporados dentro del esquema de análisis de suelos utilizado por Dr. Calderón Laboratorios, se llevó a cabo un ensayo comparativo de dichos métodos versus un método suficientemente probado y con suficiente respaldo de literatura científica a nivel mundial tal como el Mehlich III.

### **MATERIALES Y METODOS**

Para la realización del presente ensayo se tomaron 10 suelos representativos de los diversos órdenes de suelos que normalmente ingresan al Laboratorio, provenientes de diversas regiones del país, y que abarcan las más diversas zonas agroclimáticas. Las muestras de suelos fueron analizadas de acuerdo a los respectivos métodos utilizados en el presente ensayo.

Los suelos representativos escogidos para este ensayo fueron los siguientes:

Nombre del Cultivo	No. Lab.	Nombre del Departamento	Nombre del Municipio
PAPA	36762	BOYACA	SOTAQUIRA
ARROZ	36793	CASANARE	NUNCHIA
GYPSOPHILLA	36795	CUNDINAMARCA	EL ROSAL
ALSTROEMERIA	36796	CUNDINAMARCA	ANOLAIMA
TOMATE TECNIFICADO	36804	CUNDINAMARCA	FOMEQUE
MAIZ	36815	VALLE	OBANDO
PASTOS	36851	CUNDINAMARCA	PUERTO BOGOTA
ZANAHORIA	36862	CUNDINAMARCA	CHIA
CLAVEL STANDAR	36866	CUNDINAMARCA	MADRID
ARROZ	36872	META	PUERTO LOPEZ

Dentro de los diversos métodos analíticos existentes, se escogió como método base para la comparación un método que tuviera la capacidad de ser multielemento es decir que permitiera la extracción y análisis simultáneo de varios elementos tal como el método Morgan Lab C.

Los métodos utilizados para el presente ensayo fueron por una parte el método usualmente utilizado en el laboratorio y conocido con el nombre de Calderón-Pavlova (Morgan Modificado por Laboratorios Calderón, Morgan Lab C o simplemente método Calderón-Pavlova) y el método denominado Mehlich III. La diferencia fundamental entre ambos métodos radica en la composición de la solución extractora.

En el caso del método Calderón-Pavlova, la solución extractante está compuesta por una solución de Ácido Cítrico y Cloruro de Sodio, adicionada de Benzoato de Sodio. Las funciones de cada uno de sus componentes dentro del proceso de extracción son las siguientes: El Ácido Cítrico tiene por objeto extraer el Fósforo asimilable, el cual usualmente es considerado como el Fósforo soluble en agua más el Fósforo soluble en Citrato. Igualmente el ácido Cítrico, siendo un ácido orgánico débil y con cierta capacidad de quelatación, tiene la función de extraer algunos elementos como el Hierro, el Manganeso y el Zinc y una parte del Cobre. El Cloruro de Sodio tiene por fin suministrar Sodio para realizar el intercambio de cationes y así poder extraer el Potasio, el Calcio y el Magnesio Intercambiable del suelo. Este extractante además tiene la capacidad de extraer Amonio soluble e intercambiable, con lo cual en el laboratorio se puede analizar en una sola extracción 9 elementos a saber: K, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Cu, Zn, NH<sub>4</sub>. Y por ultimo, el Benzoato de Sodio tiene por fin actuar como preservante de la solución ya que con facilidad le salen hongos. Este método no permite el análisis del Sodio en la solución extractora ya que sus reactivos contienen Sodio. La preparación de esta solución puede verse en: [..\..\Metodos\Análisis\\_De\\_Suelos\MetodosQuimicosSuelos.htm](..\..\Metodos\Análisis_De_Suelos\MetodosQuimicosSuelos.htm)

La otra solución extractante utilizada en el presente ensayo fue la Solución Mehlich 3, propuesta por Mehlich en 1984. Esta es una solución de tipo Amoniacal, compuesta por 0,2 M de Ácido Acético CH<sub>3</sub>COOH, 0,25 M de Nitrato de Amonio, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, adicionada de Fluoruro de Amonio, 0,015 M NH<sub>4</sub>F, 0,013 M HNO<sub>3</sub> y Agente quelante EDTA, 0,001 M EDTA a un pH de 2,5. Ofrece la ventaja de poder extraer simultáneamente del suelo P, Ca, Na, K, Mg y micronutrientes como Cu, Zn y Mn (entre otros). Su habilidad para extraer P se destaca en suelos muy pobres por su contenido de Fluoruro de Amonio. También por su contenido de EDTA es fuerte extractora especialmente de Cobre y Zinc. Puede ser empleado para un amplio rango de pH (desde suelos ácidos a suelos de origen calcáreo) y además se ha demostrado que las cantidades extraídas con este método correlacionan bien con la disponibilidad de varios de estos elementos para las plantas (Wang et al., 2004).

Adicionalmente a lo anterior, se incluyó una tercera muestra de cada suelo, la cual se utilizó para medir la influencia del tipo de papel de filtro utilizado en los ensayos. (Whatman vs. Filtro Dr. Calderón); de acuerdo con lo anterior, los “Tratamientos” quedaron numerados de la siguiente forma:

- No. 1 = Mehlich 3 utilizando Filtro Whatman No. 2
- No. 2 = Mehlich 3 utilizando papel filtro Dr. Calderón
- No. 3 = Método Tradicional Dr. Calderón; Filtro Dr. Calderón

## RESULTADOS Y DISCUSION

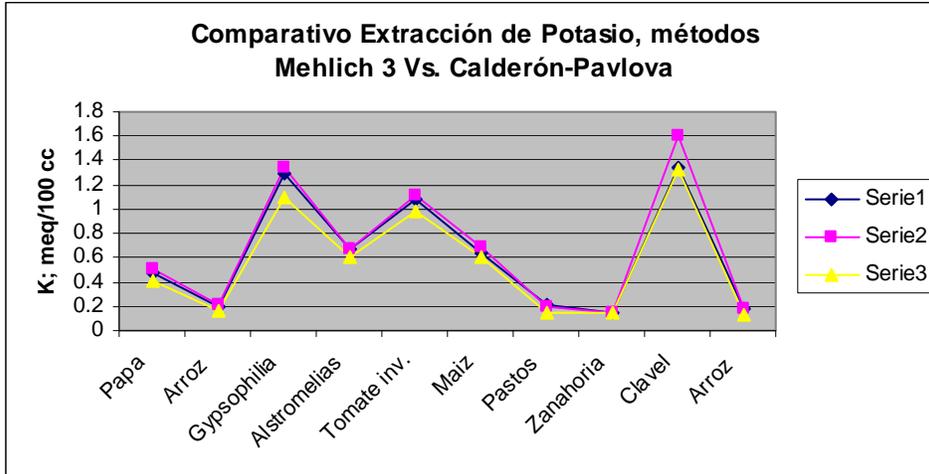
Analizaremos el comportamiento de cada elemento con los diversos procedimientos:

### POTASIO

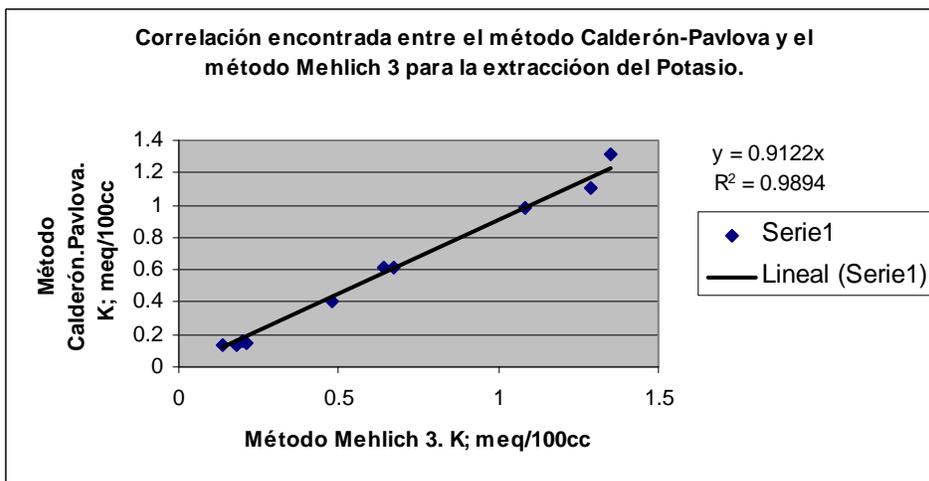
Los resultados para el Potasio en meq/100 cc referidos al suelo fueron los siguientes:

Cultivo	Muestra	1; K	2; K	3; K
Papa	36762	0.48	0.5	0.41
Arroz	36793	0.2	0.21	0.16
Gypsophilia	36795	1.29	1.34	1.1
Alstromelias	36796	0.67	0.67	0.61
Tomate inv.	36804	1.08	1.12	0.98
Maíz	36815	0.64	0.68	0.61
Pastos	36851	0.21	0.2	0.15
Zanahoria	36862	0.14	0.15	0.14
Clavel	36866	1.35	1.6	1.32
Arroz	36872	0.18	0.18	0.13
SUMA		6.24	6.65	5.61

Vistos los anteriores resultados en forma gráfica podemos observar que el método Calderón-Pavlova, serie 3, extrajo cantidades de Potasio ligeramente mas bajas que el método Mehlich 3.



La correlación entre el Potasio extraído por método Calderón-Pavlova y por el método Mehlich 3 fue altamente significativa y su coeficiente de correlación fue el siguiente:



Como se puede observar, para el Potasio, el método Calderón-Pavlova correlaciona perfectamente con el método Mehlich 3.

El análisis estadístico de los valores obtenidos para el potasio revela que no hay diferencia significativa entre los dos métodos ya que se acepta la hipótesis  $H_0$  cuando "F" calculado es menor que "F" crítico. Igualmente en la prueba t, se acepta  $H_0$  cuando "t" calculado es menor que "t" crítico de dos colas.

#### COMPARACION DE POTASIO (K)

CULTIVO	Mehlich	Calderón-Pavlova	Promedio	Desviación Típica	Coef. Variación
Papa	0.48	0.41	0.45	0.05	0.11
Arroz	0.2	0.16	0.18	0.03	0.16
Gypsophilia	1.29	1.1	1.20	0.13	0.11

Alstromelias	0.67	0.61	0.64	0.04	0.07
Tomate inv.	1.08	0.98	1.03	0.07	0.07
Maiz	0.64	0.61	0.63	0.02	0.03
Pastos	0.21	0.15	0.18	0.04	0.24
Zanahoria	0.14	0.14	0.14	0.00	0.00
Clavel	1.35	1.32	1.34	0.02	0.02
Arroz	0.18	0.13	0.16	0.04	0.23

<b>Prueba F para varianzas de dos muestras</b>		
Ho=Varianzas iguales		
Hi= Varianzas desiguales		
	<i>Mehlich 3</i>	<i>Calderón-Pavlova</i>
Media	0.624	0.561
Varianza	0.22047111	0.19583222
Observaciones	10	10
Grados de libertad	9	9
F calculado	1.12581632	
P(F<=f) una cola	0.43138335	
Valor crítico para F (una cola)	3.17889715	

<b>Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales</b>		
Ho=no hay diferencia significativa entre los dos métodos		
Hi=hay diferencia significativa entre los dos métodos		
	<i>Mehlich 3</i>	<i>Calderón-Pavlova</i>
Media	0.624	0.561
Varianza	0.22047111	0.19583222
Observaciones	10	10
Varianza agrupada	0.20815167	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	18	
Estadístico t calculado	0.30877036	
P(T<=t) una cola	0.3805207	
Valor crítico de t (una cola)	1.73406306	
P(T<=t) dos colas	0.7610414	
Valor crítico de t (dos colas)	2.10092367	

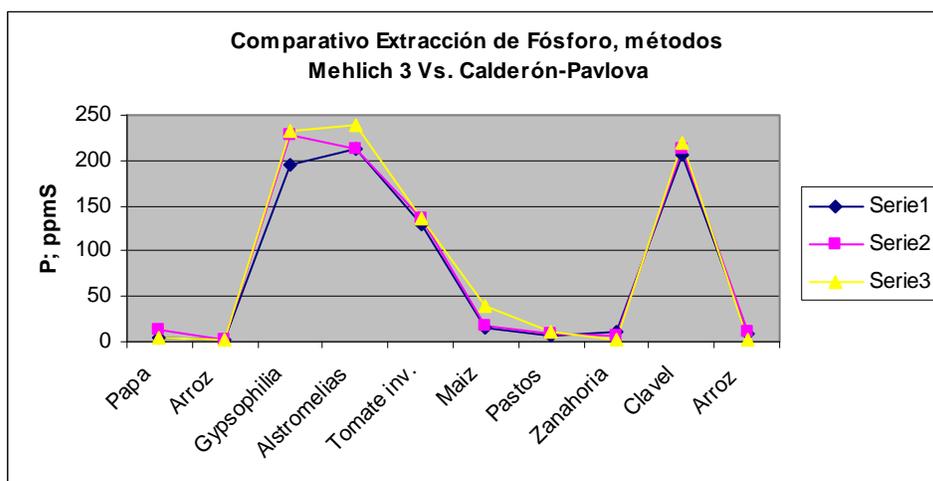
## FOSFORO

Los resultados para el Fósforo en ppm (gr/mt<sup>3</sup>) referidos al suelo fueron los siguientes:

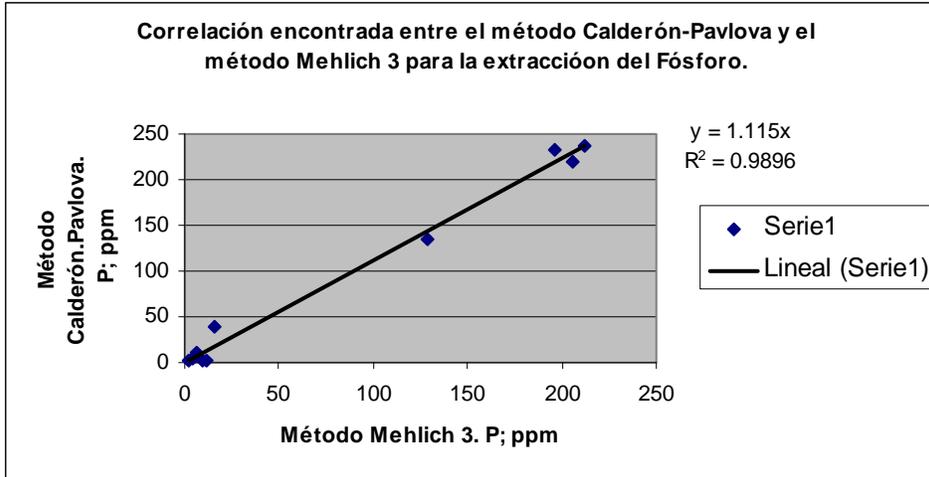
Cultivo	Muestra	1; P	2; P	3; P
Papa	36762	4	13	4

Arroz	36793	2	2	2
Gypsophilla	36795	196	227	233
Alstroemerias	36796	212	213	238
Tomate Inverna.	36804	129	137	135
Maíz	36815	16	17	39
Pastos	36851	6	8	11
Zanahoria	36862	12	6	3
Clavel	36866	206	212	219
Arroz	36872	9	10	2
SUMA		<b>792</b>	<b>845</b>	<b>886</b>

Vistos los anteriores resultados en forma gráfica podemos observar que el método Calderón-Pavlova, serie 3, extrajo cantidades de Fósforo muy similares al método Mehlich 3.



La correlación entre el Fósforo extraído por el método Calderón-Pavlova y por el método Mehlich 3 fue altamente significativa y su coeficiente de correlación fue el siguiente:



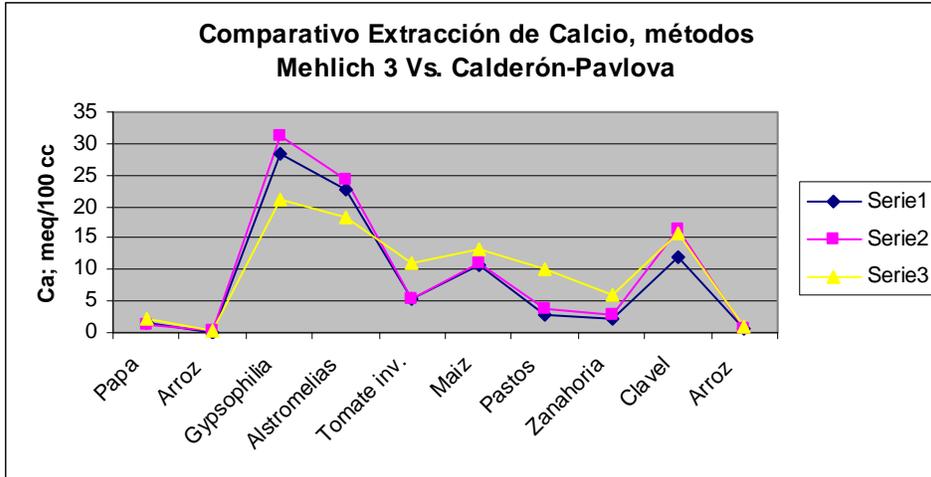
Los análisis de varianzas respectivos pueden verse en el anexo [Análisis de Varianzas.xls](#)

## CALCIO

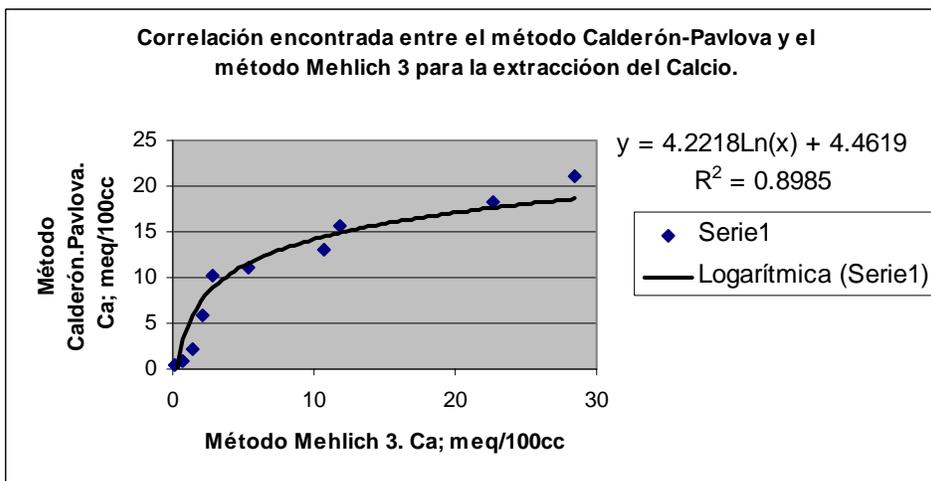
Los resultados para el Calcio en meq/100 cc referidos al suelo fueron los siguientes:

Cultivo	Muestra	1; Ca	2; Ca	3; Ca
Papa	36762	1.45	1.36	2.17
Arroz	36793	0.15	0.28	0.46
Gypsophilla	36795	28.41	31.28	21.1
Alstroemerias	36796	22.7	24.18	18.19
Tomate Inverna.	36804	5.31	5.51	11.03
Maíz	36815	10.66	11	13.1
Pastos	36851	2.75	3.94	10.18
Zanahoria	36862	2.16	2.99	5.92
Clavel	36866	11.85	16.48	15.76
Arroz	36872	0.68	0.48	0.95
<b>SUMA</b>		<b>86.12</b>	<b>97.5</b>	<b>98.86</b>

Vistos los anteriores resultados en forma gráfica podemos observar que el método Calderón-Pavlova, serie 3, extrajo mayores cantidades de Calcio en los suelos bajos en Calcio Mehlich 3 y menores cantidades en los suelos altos en Calcio Mehlich 3.



La correlación entre los valores obtenidos por el método Calderón Pavlova y el método Mehlich 3 fue de tipo logarítmico.



Lo anterior podría explicarse por el hecho de que el Acetato de Calcio presente en el método Mehlich 3 es muy soluble (1600 gr/lit) mientras que el Citrato de Calcio presente en el método Calderón-Pavlova es poco soluble (0.95 gr/lit). Sin embargo la recuperación del Calcio a valores bajos (< 10 meq/100 cc) tiende a ser mayor para el método Calderón-Pavlova.

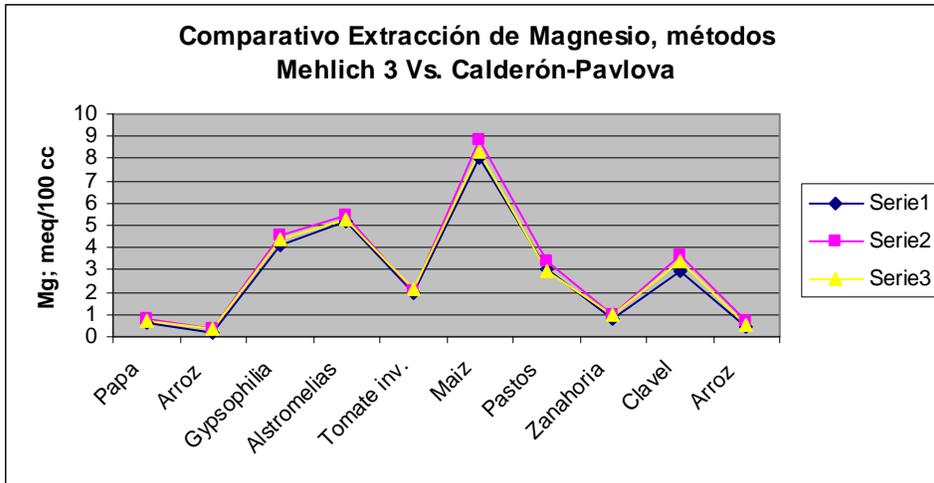
## MAGNESIO

Los resultados para el Magnesio en meq/100 cc referidos al suelo fueron los siguientes:

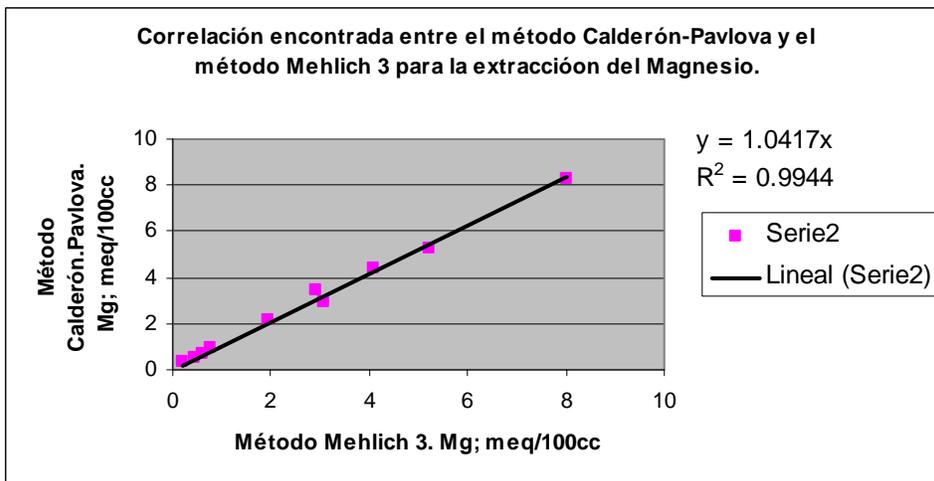
Cultivo	Muestra	1; Mg	2; Mg	3; Mg
Papa	36762	0.61	0.76	0.68
Arroz	36793	0.19	0.35	0.32
Gypsophilla	36795	4.08	4.55	4.36

Alstroemerias	36796	5.22	5.48	5.27
Tomate Inverna.	36804	1.93	2.09	2.14
Maíz	36815	8.01	8.86	8.29
Pastos	36851	3.06	3.38	2.94
Zanahoria	36862	0.78	0.96	0.96
Clavel	36866	2.91	3.64	3.43
Arroz	36872	0.45	0.67	0.55
SUMA		<b>27.24</b>	<b>30.74</b>	<b>28.94</b>

Vistos los anteriores resultados en forma gráfica podemos observar que el método Calderón-Pavlova, serie 3, extrajo cantidades de Magnesio muy similares al método Mehlich 3.



La correlación entre el Magnesio extraído por el método Calderón-Pavlova y por el método Mehlich 3 fue lineal, altamente significativa y su coeficiente de correlación fue el siguiente:

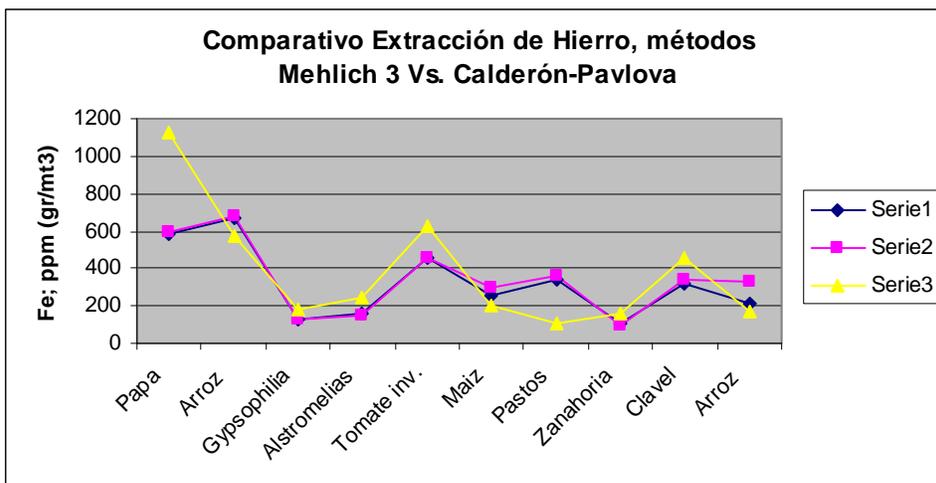


## HIERRO

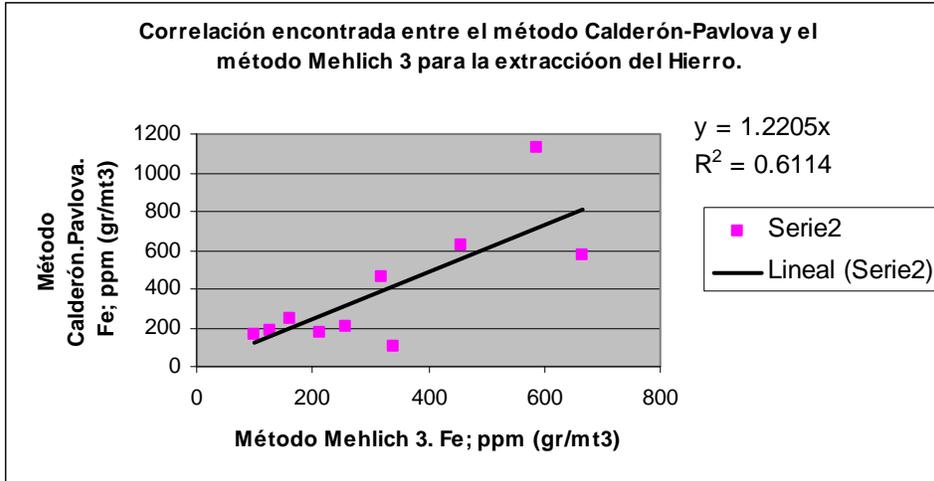
Los resultados para el Hierro en ppm (gr/mt<sup>3</sup>) referidos al suelo fueron los siguientes:

Cultivo	Muestra	1; Fe	2; Fe	3; Fe
Papa	36762	587	593	1126
Arroz	36793	666	683	573
Gypsophilla	36795	126	124	185
Alstroemerias	36796	162	149	245
Tomate Inverna.	36804	455	456	630
Maíz	36815	257	293	206
Pastos	36851	339	365	102
Zanahoria	36862	101	98	159
Clavel	36866	318	342	458
Arroz	36872	213	328	172
<b>SUMA</b>		<b>3224</b>	<b>3431</b>	<b>3856</b>

Vistos los anteriores resultados en forma gráfica podemos observar que el método Calderón-Pavlova, serie 3, extrajo cantidades de Hierro similares al método Mehlich 3.



Sin embargo en algunos valores altos y bajos hubo una desviación considerable por lo que su coeficiente de correlación no fue muy alto. Para descubrir mejor la posible correlación existente entre ambos métodos se recomienda proceder con un mayor número de muestras.

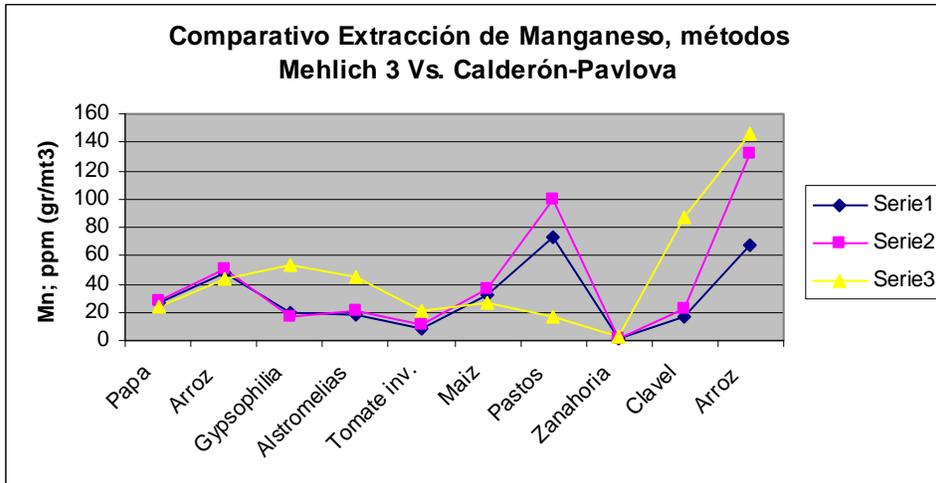


## MANGANESO

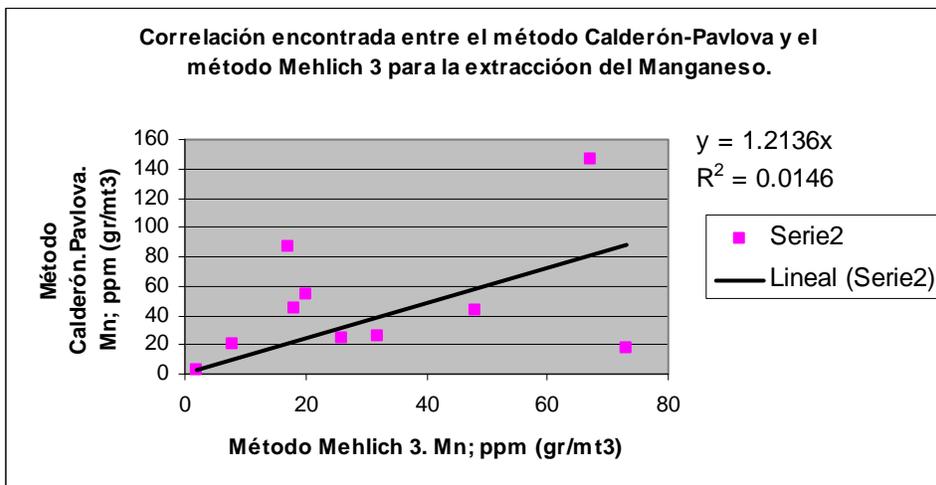
Los resultados para el Manganeso en ppm (gr/mt3) referidos al suelo fueron los siguientes:

Cultivo	Muestra	1; Mn	2; Mn	3; Mn
Papa	36762	26	28	24
Arroz	36793	48	51	43
Gypsophilla	36795	20	17	54
Alstroemerias	36796	18	21	45
Tomate Inverna.	36804	8	11	21
Maíz	36815	32	36	26
Pastos	36851	73	100	17
Zanahoria	36862	2	2	3
Clavel	36866	17	22	87
Arroz	36872	67	132	146
<b>SUMA</b>		<b>311</b>	<b>420</b>	<b>466</b>

Vistos los anteriores resultados en forma gráfica podemos observar que el método Calderón-Pavlova, serie 3, extrajo cantidades de Manganeso similares al método Mehlich 3.



Para el Manganeso al igual que para el Hierro, la dispersión de los datos no permitió sacar una conclusión apropiada. Aparentemente no hubo una correlación significativa entre métodos. Sin embargo ambos métodos mostraron una tendencia similar en sus extracciones por lo que se recomienda realizar la prueba con un mayor número de muestras.



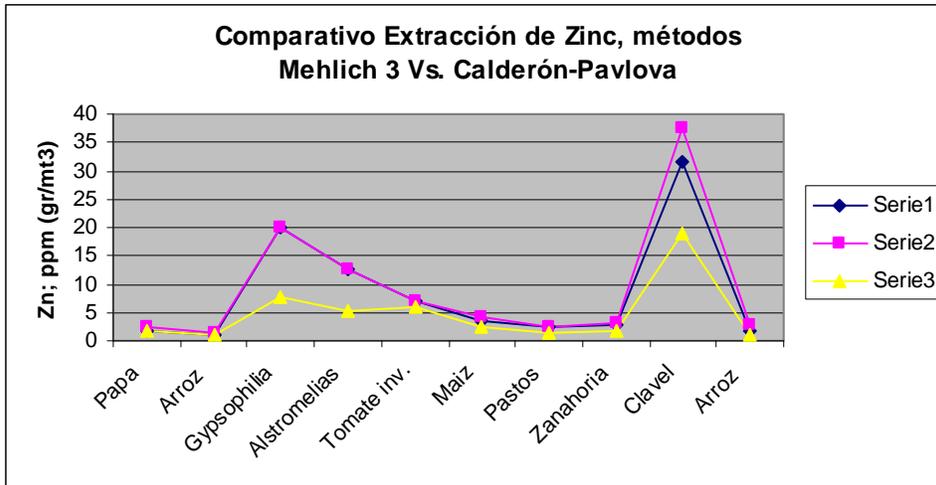
## ZINC

Los resultados para el Zinc en ppm (gr/mt<sup>3</sup>) referidos al suelo fueron los siguientes:

Cultivo	Muestra	1; Zn	2; Zn	3; Zn
Papa	36762	1.7	2.3	1.7
Arroz	36793	0.9	1.4	0.9
Gypsophilla	36795	20.1	20	7.7
Alstroemerias	36796	12.7	12.7	5.4
Tomate Inverna.	36804	6.9	7.1	5.9
Maíz	36815	3.4	4.1	2.4

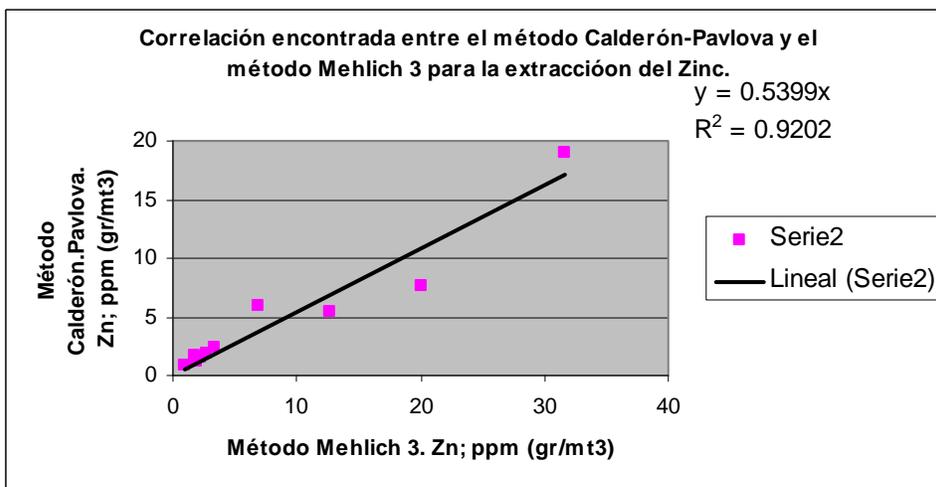
Pastos	36851	2.3	2.6	1.5
Zanahoria	36862	2.8	3.1	1.9
Clavel	36866	31.6	37.4	19
Arroz	36872	1.9	2.7	1.2
SUMA		<b>84.3</b>	<b>93.4</b>	<b>47.6</b>

Vistos los anteriores resultados en forma gráfica podemos observar que el método Calderón-Pavlova, serie 3, extrajo cantidades de Zinc similares al método Mehlich 3.



La correlación entre el Zinc extraído por el método Calderón-Pavlova y por el método Mehlich 3 fue lineal, altamente significativa y su coeficiente de correlación fue el siguiente:

La mayor extracción de Zinc por La solución Mehlich 3 posiblemente se deba a la presencia del agente quelante EDTA.

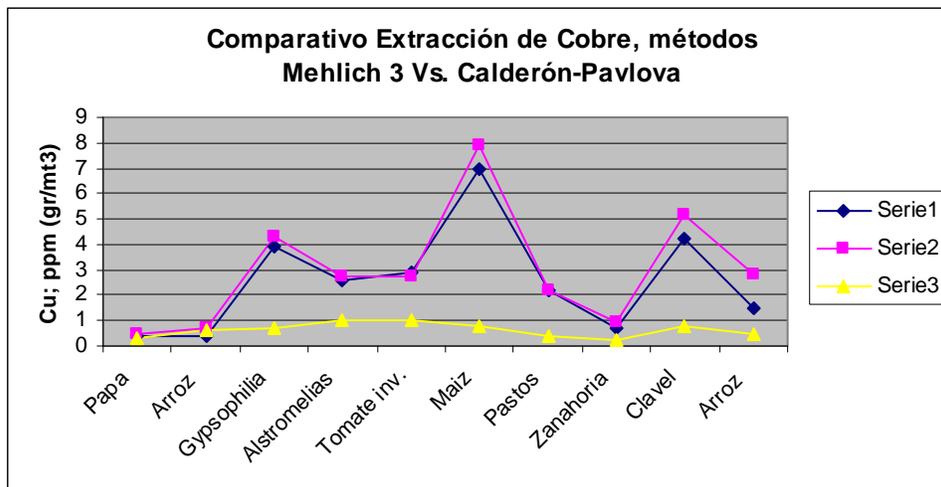


## COBRE

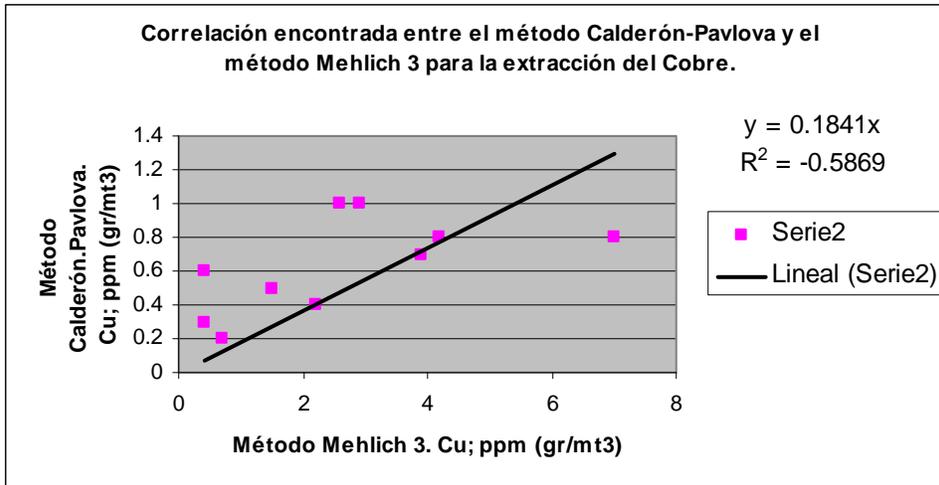
Los resultados para el Cobre en ppm (gr/mt<sup>3</sup>) referidos al suelo fueron los siguientes:

Cultivo	Muestra	1; Cu	2; Cu	3; Cu
Papa	36762	0.4	0.5	0.3
Arroz	36793	0.4	0.7	0.6
Gypsophilla	36795	3.9	4.3	0.7
Alstroemerias	36796	2.6	2.7	1
Tomate Inverna.	36804	2.9	2.7	1
Maíz	36815	7	7.9	0.8
Pastos	36851	2.2	2.2	0.4
Zanahoria	36862	0.7	0.9	0.2
Clavel	36866	4.2	5.2	0.8
Arroz	36872	1.5	2.8	0.5
<b>SUMA</b>		<b>25.8</b>	<b>29.9</b>	<b>6.3</b>

Vistos los anteriores resultados en forma gráfica podemos observar que existen grandes diferencias entre las extracciones que hace el método Calderón-Pavlova, serie 3, y las cantidades que extrae el método Mehlich 3. Muy posiblemente las grandes diferencias observadas en este elemento en particular se deban a la naturaleza quelante del extractor Mehlich 3 por la presencia del EDTA. Igualmente la presencia del agente quelante EDTA puede ser la determinante de la mayor extracción de Zinc igualmente observada.



El Cobre no presentó ningún grado de correlación entre los dos métodos estudiados. En este elemento es posible que la actividad Quelante y Oxidativa, (Presencia de EDTA y Ácido Nítrico) de la solución extractora Mehlich 3 sea la determinante en la extracción de cantidades relativamente grandes de Cobre frente a la solución Calderón-Pavlova, la cual carece de estas propiedades.



## ANEXOS

[Análisis de Varianzas.xls](#)

[Comparativo Mehlich Suelos.xls](#)

[Presentacion Comparativos Mehlich Vs Morgan LabC.ppt](#)

## REFERENCIAS

1. Wang, J.J., Harrell, D.L., Henderson, R.E. 2004. Comparison of soil-test extractants for phosphorus, potassium, calcium, sodium, zinc, copper, manganese and iron in Louisiana soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 35, 145-160.
2. Sexto seminario para proceso de acreditación de laboratorios ambientales, Bogotá 22 al 27 de noviembre de 2004, IDEAM.
3. Octavo curso taller, Validación de métodos analíticos Instituto Nacional de Salud, Grupo de salud ambiental, Bogotá D.C. septiembre 05 -09 de 2005.
- 4.- Remington. Farmacia.Tomo 2, 19 edición