

Nota Técnica

LOS LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE SUELOS Y FOLIARES EN COSTA RICA: INFORME DEL COMITÉ DE LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS^{1/}

*Marco Corrales**, *Floria Bertsch^{2/}***, *José Antonio Bejarano****

Palabras clave: Laboratorios, análisis de suelos, análisis foliares.

Keywords: Laboratories, soil analysis, foliar analysis.

Recibido: 03/10/05

Aceptado: 24/05/06

RESUMEN

El presente trabajo presenta la situación de los Laboratorios de Análisis de Suelos y Foliare en Costa Rica. Se describe las características y metodologías de cada uno de los laboratorios y los resultados de los Programas de Intercambio Nacional que se han implementado entre todos ellos desde hace 6 años y que se denominan PINAS para suelos y PINAF para foliares. Para cada una de las determinaciones, tanto de suelo como foliares, se resaltan los logros en cuanto a homologación de metodologías y se discuten los estimados de la variabilidad intrínseca que se han obtenido, producto de ejecutar muestras control. Con los resultados de las muestras control que se han analizado en 15 laboratorios nacionales se procedió a evaluar la variabilidad interna de cada uno, se compararon entre ellos, y se efectuaron estimaciones de la variabilidad intrínseca que presenta cada una de las determinaciones. En PINAS se han procesado más de 60 muestras control de suelos, con 2

ABSTRACT

Soil and foliar analysis laboratories in Costa Rica: a report of the Committee for Laboratories of Analysis of Soils, Plants and Waters. The characteristics and methodologies of each laboratory are described, as well as the results of the National Exchange Programs, which have been implemented among all of them for the last 6 years, and which are denominated as PINAS for soils and PINAF for foliar. For each determination, soil as well as foliar, achievements in homologation of methodologies are stressed, and estimates obtained on intrinsic variability – resulting from processing control samples – are discussed. With the results of control samples that have been analyzed in 15 national laboratories, the internal variability of each one was evaluated, comparisons among them were made, and estimations of the intrinsic variability shown by each determination were made. At PINAS, more than 60 soil control samples have been processed, with 2 extracting

1/ Este trabajo se efectuó con la información generada por el Comité de Laboratorios de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de Costa Rica, constituido por los representantes de los laboratorios nacionales adscritos hasta el año 2003: AGROTEC, BANDECO, CAFESA, CATIE, CHIQUITA, CIA, CORBANA, FERTICA, ICAFÉ, INTA-MAG, INISEFOR-UNA.

2/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: fbertsch@cariari.ucr.ac.cr

* CAFESA. San José, Costa Rica.

** Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

*** ABOPAC. San José, Costa Rica

soluciones extractoras (KCI-Olsen Modificado y Mehlich 3), y con 3 a 6 repeticiones por solución, y en PINAF el número de muestras foliares asciende a 16, también repetidas 3 veces en cada laboratorio. En general, la variabilidad interna de los laboratorios es baja; para las determinaciones de suelo, la variación entre laboratorios fluctuó entre 10-20%, y para las foliares la fluctuación fue aún menor (10-15%). Se estima que contar en el país con estas variaciones entre los resultados de diferentes laboratorios es bastante aceptable pero mejorable.

INTRODUCCIÓN

En el país existen por lo menos 15 laboratorios que efectúan análisis de suelos y análisis foliares.

Por una iniciativa estatal, a través del decreto #27307-MAG, fue creado el **Comité de laboratorios de análisis de suelos, plantas y aguas**, que ha venido funcionando en forma regular desde setiembre de 1998 bajo la Misión de “asegurarle al sector agropecuario nacional, la calidad de los análisis de los laboratorios de fertilidad de suelos y nutrición de plantas”.

Este objetivo general se ha pretendido alcanzar por medio de la ejecución de algunas actividades específicas como son, la homologación de criterios para el análisis, la conformación de 2 programas de intercambio de muestras: PINAS (Programa de Intercambio Analítico de Suelos) y PINAF (Programa de Intercambio Analítico de Foliares), la recopilación de los procedimientos y metodologías de suelos, plantas y aguas con el fin de estandarizarlos, la creación de una base de datos de análisis de muestras control, el desarrollo de normativas para el funcionamiento del mismo Comité, y la preparación de material divulgativo y didáctico sobre el tema. También, el Comité pretende impulsar la investigación en metodologías y procedimientos específicos, pero en esta línea el avance ha sido muy limitado.

El propósito de este documento es presentar una caracterización de la situación de los laboratorios que operan en estas líneas en el país,

solutions (Modified KCI-Olsen and Mehlich 3), and with 3 to 6 replicates per solution; at PINAF, 16 control foliar samples have been processed, also repeated 3 times in each laboratory. In general, the internal variability of the laboratories is low; for soil determinations, variation among laboratories fluctuated 10-20%, and for foliars the fluctuation was even lower (10-15%). The assessment can be made, that having these variations among results from different laboratories is quite acceptable, yet subject to improvement.

a través de los resultados resumidos en los informes de actividades de este Comité, de los años 2001- 2004, presentados ante el MAG.

MATERIALES Y MÉTODOS

Laboratorios participantes: descripción y características

Los Laboratorios que han pertenecido en forma permanente al Comité, y cuyos resultados son los que se utilizaron en este estudio, son en orden alfabético, los siguientes:

AGROTEC - Laboratorios analíticos S.A

Esta compañía fue establecida en 1995 bajo el concepto de laboratorio satélite de la sede ubicada en Georgia, EE.UU. Sus instalaciones se encuentran por el Paseo Colón en San José. Ofrece análisis de tejido foliar, de suelos (químico y físico), de medios de cultivo (químico y físico), análisis patológicos (bacterias, hongos, virus, conteo e identificación de nemátodos), análisis de fertilizantes, compost, abonos orgánicos, residuos de plaguicidas, aguas residuales, agua potable, calidad de agua, aguas para irrigación, y análisis ambientales en general. En los análisis de rutina para suelos usa la solución extractora Mehlich 3, y la determinación se realiza por medio del ICP Plasma.

BANDECO - Laboratorio de suelos de BANDECO

El laboratorio de Suelos de BANDECO tiene más de 25 años de formado. Está ubicado en la Finca Carmen, en Siquirres. En él se analizan muestras de suelos, foliares, fertilizantes y aguas potables residuales provenientes principalmente de las plantaciones de la compañía dedicadas al cultivo del banano. El laboratorio no brinda servicio al público, ni se encarga del muestreo. En el caso de suelos, utiliza la solución KCl-Olsen Modificado como extractante.

CAFESA - Laboratorio de suelos y foliares de la Compañía Costarricense del Café S.A.

El laboratorio CAFESA se creó en 1984, como parte de la apertura de la Compañía Costarricense del Café al sector productivo nacional. Además de los análisis de suelos y de tejido foliar, brinda servicio de análisis de aguas, fertilizantes, abonos orgánicos, materiales de encalado, medios de crecimiento, etc., y apoya al productor en la interpretación. El Laboratorio CAFESA se ubica en La Uruca, cerca del puente Juan Pablo II. Posee centros de acopio de muestras en Liberia, Ciudad Quesada, Pococí, Pérez Zeledón y Parrita. Para los análisis de suelos utiliza KCl-Olsen Modificado como solución extractora.

CATIE - Laboratorio de análisis de suelos, tejido vegetal y aguas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

El laboratorio del CATIE se creó junto con la institución para apoyar la labor de sus investigadores en el campo analítico; sin embargo, en la actualidad presta servicios a quien los solicite. Realiza análisis de suelo y de tejido foliar y además análisis de fertilizantes, enmiendas y análisis especiales (biomasa microbiana, fraccionamiento de materia orgánica, fraccionamiento de P, curvas de retención de nutrientes, mineralización de N aeróbica y anaeróbica, etc.). Las soluciones extractoras empleadas en suelos son KCl y Olsen Modificado.

CIA - Laboratorio de suelos y foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica

El laboratorio de Investigaciones Agronómicas fue creado en 1955 mediante un convenio entre el Ministerio de Agricultura e Industrias, el Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola (STICA) y la Universidad de Costa Rica, con el propósito de realizar labores de investigación agrícola en diversos cultivos como café y cacao. A partir de 1960 el laboratorio pasó a formar parte de la Facultad de Agronomía de la UCR, y posteriormente se transformó en una unidad del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), donde se ubica actualmente. A partir de 1987 inició su vinculación con el sector externo a través del servicio de análisis químico de suelos, plantas, aguas, fertilizantes, enmiendas, abonos orgánicos y medios de crecimiento. Recientemente, adquirió todo el equipamiento con el que funcionaba el Laboratorio de la Compañía Chiquita, por lo que en la actualidad cuenta con el Espectrofotómetro de Emisión por Plasma Inducido (ICP) y ofrece el servicio de análisis de suelos tanto en la solución KCl-Olsen Modificado como en Mehlich 3.

CORBANA - Laboratorio de análisis químico de CORBANA S.A.

El laboratorio de Análisis Químico de CORBANA, S.A. está ubicado en La Rita, Pococí, Limón, dentro de la zona bananera del país. Comenzó a prestar servicios en 1987 dando respuesta a las necesidades del sector bananero nacional. Actualmente sigue dedicado principalmente a ese sector; sin embargo, ha ampliado los servicios a cualquier persona o entidad interesada tanto en análisis de suelos, como de tejido foliar. En cuanto a equipos de análisis en este momento el laboratorio cuenta con el Espectrofotómetro de Emisión por Plasma Inducido (ICP) por lo que efectúa sus análisis de rutina de suelos con la solución Mehlich 3.

FERTICA - Laboratorio químico de fertilizantes de Centroamérica (Costa Rica) S.A.

El laboratorio consta de 3 áreas: análisis de fertilizantes, análisis de suelos y tejido foliar y análisis de aguas para uso industrial o agronómico. El área de suelos y tejido foliar fue establecida en 1991 y está ubicada en la planta en Puntarenas. El laboratorio realiza análisis rutinarios para la recomendación técnica de programas de fertilización con la metodología KCI-Olsen Modificado para suelos y brinda servicio al público.

ICAFE - Laboratorio de suelos y foliares de ICAFE

El Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) posee dentro de las instalaciones del Centro de Investigaciones en Café (CICAFE), localizado en San Pedro de Barva, Heredia, un laboratorio químico que realiza análisis de suelos y tejido foliar, aguas residuales y calidad del café, tanto para las investigaciones del mismo CICAFE, como para servicio a los productores cafetaleros de todo el país. Inició labores en el año 1992 y utiliza para suelos la solución KCI-Olsen Modificado. Actualmente cuenta con otro laboratorio anexo en Pérez Zeledón.

MAG - Laboratorio de suelos del MAG

Este laboratorio funciona desde la década de los 60, pero no fue sino hasta el año 1972, gracias a un convenio con la Universidad de Carolina del Norte, cuando comenzó a dar servicio a todos los pequeños agricultores del país, por medio de las Direcciones Regionales y Agencias de Extensión del MAG, en análisis de suelos (químico y físico) y análisis de tejido foliar. En la actualidad funciona bajo la tutela del Instituto Nacional de Transferencia Agropecuaria (INTA) y utiliza la solución KCI-Olsen Modificado para la extracción de suelos.

UNA - Laboratorio de suelos y foliares, Instituto Nacional de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR)-Universidad Nacional

El laboratorio forma parte del programa de suelos del INISEFOR, cuya misión es la investigación y venta de servicios al productor forestal principalmente. Realiza análisis de suelo (químico completo, textura y materia orgánica), y análisis de tejido foliar. Funciona desde 1999 y utiliza la solución extractora para suelos KCI-Olsen Modificado.

Otros

Cuando comenzó la actividad de este Comité existía el laboratorio de Chiquita Brand, y sus resultados son considerados en la mayor parte de los análisis de datos; sin embargo, como se mencionó anteriormente, todo el equipo y la actividad de este laboratorio ha sido absorbida por el laboratorio del CIA.

En la actualidad participan también del Comité los laboratorios de **PINDECO**, de la sucursal del **ICAFE** en Pérez Zeledón y de la **EARTH**, pero sus resultados aún no figuran en este análisis.

También se sabe que en el país operan otros laboratorios que no participan de la actividad del Comité como son el de **STANDARD**, el del **ITCR** en San Carlos, el **Laboratorio Lamda** y otros.

Programa de Intercambio de Análisis de Suelos (PINAS)

El objetivo de este programa es, mediante el análisis de muestras control en todos los laboratorios participantes del programa, generar información que permita valorar el funcionamiento de esos laboratorios, y por ende los del país en general.

En el caso de PINAS, que ha funcionado desde 1998, quedaron incluidos los resultados de las 42 muestras de suelo sometidas a análisis durante los años 1998, 1999, 2000 y 2001 en 11 laboratorios, con 3 a 6 repeticiones por laboratorio, y con 2 soluciones extractoras (KCI-Olsen Modificado y Mehlich 3). Si se presentó algún resultado con menos de 3 repeticiones, esos resultados fueron eliminados desde el principio

del análisis. También se incluyeron resultados de los informes del 2002 y 2003, hasta un total de 60 muestras control.

Los informes detallados de los avances de este Comité en las diferentes actividades pueden ser consultados en el Departamento de Suelos del MAG que ahora está ubicado dentro del INTA.

Para facilitar la interpretación de los resultados, las determinaciones se clasificaron en 3 grupos:

- a) Análisis efectuados con KCl-Olsen Modificado (Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Mn, Zn)
- b) Análisis efectuados con Mehlich 3 (Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Mn, Zn)
- c) Otros análisis (pH en agua, acidez en KCl, Materia Orgánica, S, B)

Desde el inicio de PINAS se propuso que todos los laboratorios participaran aún en análisis que no correspondían con sus rutinas con el propósito de generar información. No obstante, como el criterio prevaleciente en el programa siempre se basó en una participación voluntaria, el grado en que cada laboratorio participó fue variable.

Programa de Intercambio de Análisis de Foliares (PINAF)

PINAF intercambió entre el 2000 y el 2003, 16 muestras control de tejido foliar, en 8 laboratorios con 3 a 4 repeticiones por laboratorio.

Con este programa PINAF se persigue lo mismo que con el anterior, pero para el aspecto foliar.

En este caso las determinaciones se subdividieron en 2 grupos:

- a) Elementos mayores, reportados en % (N, P, K, Ca, Mg, S)
- b) Elementos menores, reportados en ppm (Fe, Cu, Mn, Zn, B).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 5-6 años de trabajo se presentan los principales resultados del Comité que provienen de los Programas de Intercambio de muestras, PINAS y PINAF. Estos resultados, en criterio del propio Comité, colocan al país en una posición sólida y seria en el tema.

Participación de los laboratorios en los programas

Debe tenerse en consideración en todo momento que los resultados estadísticos obtenidos de cualquier estudio resultan dependientes en gran medida del número de laboratorios participantes, de ahí que, en primer lugar, es importante establecer el grado de participación de cada laboratorio.

En el cuadro 1 se presenta la participación de cada uno de los laboratorios en PINAS expresada como volumen de muestras analizadas en total y por grupo de análisis.

Como se puede observar, durante los primeros 4 años de actividad de PINAS, la mayoría de los laboratorios tuvieron una participación superior al 80%, y destacan por su cumplimiento cercano al 100% los laboratorios de CATIE, BANDECO y CAFESA. Los laboratorios que menos participaron han sido AGROTEC y UNA, con menos de un 65%, en forma total.

Dada la variabilidad en participación obtenida dentro de PINAS al dejarla bajo condiciones voluntarias, y debido a la gran influencia que este factor tiene sobre el análisis estadístico de los resultados, se considera que deben establecerse normativas dentro del Reglamento de PINAS sobre participación mínima. Se considera que cada laboratorio debería tener una participación mínima del 75% por período anual para seguir perteneciendo al programa.

Cuadro 1. Participación de los laboratorios en PINAS en forma total y por grupo de análisis.

Laboratorio	#*	TOTAL			KCl-Olsen Modificado			Mehlich			pH-acid-MO-B-S		
		#	#	%	#	#	%	#	#	%	#	#	%
		total	efectuados		total	efectuados		total	efectuados		total	efectuados	
CATIE	28	588	573	97	224	224	100	224	224	100	140	125	89
BANDECO	42	882	805	91	336	282	84	336	332	99	210	191	91
CAFESA	42	882	790	90	336	332	99	336	296	88	210	162	77
CORBANA	42	546	462	85				336	336	100	210	126	60
CIA	42	672	571	85	256	248	97	256	212	83	160	111	69
FERTICA	42	882	713	81	336	336	100	336	198	59	210	179	85
MAG	42	546	408	75	336	284	85				210	124	59
ICAFE	42	882	620	70	336	329	98	336	172	51	210	119	57
CHIQUITA	30	390	264	68				240	174	73	150	90	60
UNA	32	672	432	64	256	186	73	256	162	63	160	84	53
AGROTEC	40	520	269	52				320	180	56	200	89	45
		7462	5907	79	2416	2221	92	2976	2286	77	2070	1400	68

#* Número de muestras recibidas para análisis por cada laboratorio, según el momento efectivo de ingreso a PINAS
 Datos sombreados indican menos de un 75%.

Análisis de Suelos

Los análisis estadísticos efectuados se dirigieron a buscar conclusiones sobre 3 aspectos fundamentales:

- La variación interna dentro de cada laboratorio
- El desempeño de los laboratorios al compararlos entre sí
- La precisión o variabilidad intrínseca de cada determinación

Los resultados de las comparaciones entre muestras control han sido de gran utilidad para cada uno de los laboratorios, pues al cuantificar la variación interna y el desempeño comparativo entre ellos, ha propiciado el mejoramiento individual de los laboratorios participantes.

A. Variación interna de los laboratorios

En este caso lo que se hizo fue calcular la Media, la Desviación Estándar y el Coeficiente de Variación existente entre las repeticiones (más de 2 y hasta 6) que cada laboratorio reportó para cada determinación.

Por laboratorio:

En relación con los laboratorios, solo un par de laboratorios presentó más de un 20% de variación entre sus repeticiones, por lo que les fue comunicado para que tomaran acciones al respecto. En los otros laboratorios, sólo ocasionalmente se presentaron casos de variación interna para ciertos elementos, y en forma muy esporádica.

Por elemento:

Tanto con la metodología KCl-Olsen Modificado como con Mehlich 3, los elementos

que presentaron mayor frecuencia de problemas de variación interna fueron el P y algunos menores (Fe y Zn), mientras que las bases (Ca, Mg y K) casi nunca dieron problemas. De los otros análisis, la variación interna del B en todos los laboratorios resultó muy alta, mientras que la del pH fue prácticamente nula.

El otro aspecto importante por elemento, es que si los valores reportados son bajos, tiende a existir más variabilidad interna. En el cuadro 2, se presenta un resumen que compara la variación interna de los laboratorios cuando se analizan muestras de valor bajo y muestras de valor alto para algunas determinaciones.

Como se puede observar (Cuadro 2), para algunas determinaciones, es fácil constatar que si se segrega la información para niveles bajos y altos, la variación interna dentro de los laboratorios es mucho mayor cuando los valores son bajos. Este fenómeno es especialmente importante cuando los niveles frecuentes de determinación del elemento son bajos, como ocurre en el caso de la acidez, el P y el Zn.

En el caso del B en suelos, prácticamente ningún laboratorio logró reportar datos con baja variación interna, lo que permite concluir que dicha variación está asociada con la metodología empleada y se hace necesario realizar nuevas investigaciones que calibren otras metodologías de extracción.

B. Desempeño de los laboratorios

Al comparar los datos entre laboratorios, lo que se persigue con los diferentes procesos estadísticos empleados, es efectuar una selección de los datos que excluya aquellos que se alejan mucho de lo que la mayoría de los datos reportados ofrece.

En este estudio los datos se procesaron a través de 2 procedimientos. En el primer caso, denominado "Selección Convencional" se aplicó la metodología propuesta desde el momento inicial de operación de PINAS, y que está basada en los principios establecidos por la Universidad de Wageningen en Holanda, en donde opera el sistema de intercambio interlaboratorial de mayor reconocimiento internacional (WEPAL).

Debido a que este primer método presenta una gran dependencia del número de laboratorios involucrados, y el factor discriminante se vuelve más estricto entre menos muestras involucre, se propuso otra alternativa denominada "Selección por Porcentaje".

En esta segunda alternativa, lo que se hizo fue establecer un "porcentaje empírico o experimental de limpieza" y particular para cada determinación, y cuando los datos en relación con la mediana, se salieron de ese ámbito, "porcentaje \pm de la mediana", fueron excluidos.

Cuadro 2. Comparación de la variación interna de los laboratorios para 5 determinaciones entre muestras de valor bajo y alto.

		Acidez	P-Olsen Mod	P-Mehlich 3	Zn-Olsen Mod	Zn-Mehlich 3
VALORES BAJOS	# de análisis efectuados	206	141	177	145	155
	# de análisis con CV >20%	52	47	60	35	47
	% de análisis con CV >20%	25	33	34	24	30
	Promedio de CV	14	19	19	18	17
VALORES ALTOS	# de análisis efectuados	137	145	84	135	115
	# de análisis con CV >20%	10	27	11	15	5
	% de análisis con CV >20%	7	19	13	11	4
	Promedio de CV	7	14	10	11	7

Obviamente, al cambiar los criterios de selección, los datos que son excluidos con uno u otro método cambian en algunos casos, no obstante, analizado en forma global, el número de datos excluidos con uno u otro método son muy similares, y las conclusiones que se pueden extraer con ambos métodos son muy coincidentes, como se puede observar en el cuadro 3.

Por laboratorio:

La comparación entre laboratorios es una información de gran relevancia nacional, pues permite valorar de alguna manera la calidad de los servicios que se ofrecen. Respetando el criterio de confidencialidad con que se integró la comisión PINAS, que garantizaba a los laboratorios participantes un uso esencialmente interno de la información con el único propósito de mejorar su desempeño, en ningún momento se ha hecho pública comparación alguna entre ellos, no obstante, resulta satisfactorio poder afirmar que la conclusión general en relación con este tema permite asegurar que la calidad en los laboratorios que ofrecen servicio en el país es adecuada, con variaciones no mayores de 10-20% entre los diferentes laboratorios.

Por elemento:

Por elemento, el comportamiento de exclusión de datos se presenta en el cuadro 4. Como se puede observar, la exclusión cambia entre uno y otro método; sin embargo, en ambos casos el porcentaje de datos excluidos

por elemento casi siempre es menor de 20%. Son muy pocas determinaciones que presentan exclusiones mayores a 20%.

C. Establecimiento del porcentaje de precisión de cada determinación

El objetivo de esta sección fue establecer un porcentaje de Coeficiente de Variación promedio suficientemente confiable para cada una de las determinaciones químicas de análisis de suelos que se realizan en el país.

Por Coeficiente de Variación se entiende, la desviación estándar que presenta un grupo de datos con respecto al promedio, expresada en términos porcentuales, o sea, en forma práctica, es el “ \pm porcentual” con que se debería interpretar cada resultado y se calcula dividiendo la Desviación Estándar entre la Media y multiplicando por 100.

Para esta parte del estudio, se utilizaron los datos que proporcionó el método de “Selección por porcentaje”, a partir de los cuales se procedió a calcular Promedios, Desviaciones Estándar y Coeficientes de Variación.

Con la información de los 8 laboratorios más consistentes se elaboró el cuadro 5, en donde de forma redondeada y con una confiabilidad cercana al 70% se presenta la lista de rangos que podría entenderse como el porcentaje de variación o el grado de precisión con que se suministra al usuario cada una de

Cuadro 3. Total de datos excluidos por grupo de análisis, según los 2 métodos de selección.

Grupo de Análisis	Total de datos		Método de Selección	
			Convencional	Por Porcentaje
KCl-Olsen Mod	2221	Datos excluidos	393	431
		% excluido	18	19
Mehlich 3	2286	Datos excluidos	455	458
		% excluido	20	20
Otros	1400	Datos excluidos	229	218
		% excluido	16	16

Cuadro 4. Datos excluidos por elemento, según los 2 métodos de selección.

	Selección convencional			Selección por porcentaje		
	# muestras		%	# muestras		%
	Excluidas	Total	Excluido	Excluidas	Total	Excluido
KCl-Olsen Mod						
P	42	274	15	57	274	21
Ca	58	278	21	42	278	15
Mg	51	250	20	59	250	24
K	60	284	21	62	284	22
Fe	53	285	19	54	285	19
Cu	44	284	15	53	284	19
Mn	42	286	15	65	286	23
Zn	43	280	15	39	280	14
Mehlich 3						
P	43	290	15	65	290	22
Ca	57	285	20	60	285	21
Mg	63	274	23	52	274	19
K	46	286	16	38	286	13
Fe	58	283	20	71	283	25
Cu	56	284	20	43	284	15
Mn	71	290	24	78	290	27
Zn	61	294	21	51	294	17
pH	69	367	19	56	367	15
acidez	62	377	16	62	377	16
MO	53	261	20	18	261	7
S	32	229	14	54	229	24
B	13	166	8	28	166	17

las determinaciones de análisis de suelos que se efectúan en los diferentes laboratorios del país.

Como se puede observar en este resumen (Cuadro 5), la precisión de los resultados que se ofrece en el país, con un 70% de confiabilidad (dado que se basan en una Desviación Estándar), fluctúa entre 10 y 25% para la mayoría de las determinaciones. Solo el P en ambas soluciones y el Fe en Olsen Modificado presentan una variación del 25-30%.

La utilidad práctica de estos ámbitos de variación es que el usuario debe considerar, al momento de la interpretación de sus resultados, que el elemento puede estar variando en ese porcentaje, por efecto estrictamente del análisis de

laboratorio. Un valor de Ca de $4 \text{ cmol}(+) \text{ l}^{-1}$ debe interpretarse con una fluctuación de 10%, o sea que, en términos prácticos, valores desde 3,60 a $4,40 \text{ cmol}(+) \text{ l}^{-1}$, deberían considerarse iguales.

Estos resultados confirman que las principales fortalezas del análisis de suelos como herramienta de diagnóstico, son las que se refieren a la detección de todos aquellos problemas relacionados con acidez (acidez, Ca, Mg, K), con grados de precisión entre 10-15% y a la identificación de deficiencias de P y Zn, entre 15-25%.

Cuando los valores de acidez, P y Zn son muy bajos, existe la tendencia a presentar variaciones de un 5% más.

Cuadro 5. Porcentaje de variación o grado de precisión de las determinaciones de análisis de suelos efectuados en los laboratorios de Costa Rica.

Análisis	% de Variación		Análisis	% de Variación
	KCl-Olsen Mod	Mehlich 3		
P	25-30	25-30	pH	0-5
Ca	10-15	10-15	acidez	20-25
Mg	10-15	10-15	MO	10-15
K	10-15	10-15	S	20-25
Fe	25-30	10-15	B	50-60
Cu	15-20	10-15		
Mn	15-20	10-15		
Zn	20-25	15-20		

La Materia Orgánica (MO) también presenta una baja variación del 10-15% y la variación del S varía entre 20-25%. La variación del pH es la mínima encontrada, en todo momento inferior al 5%.

La determinación que resulta totalmente complicada cuando se expresa en términos de este porcentaje de variación es la de B pues su valor corresponde con un 50-60% de variación, probablemente, como se mencionó anteriormente, debido a la metodología empleada. Desde un punto de vista técnico, este resultado convierte al análisis actualmente usado en los laboratorios del país, en una determinación de utilidad restringida.

Análisis Foliar

El resultado más importante con los análisis foliares, es que, en todos los niveles, tanto en la variación interna, como en el desempeño de los diferentes laboratorios entre sí, el comportamiento de las determinaciones de tejido foliar, probablemente por constituir una determinación de carácter total, es significativamente mejor que el de los análisis de suelos.

Prácticamente no hay laboratorios que muestren baja repetibilidad, y en ninguno de los casos hubo que excluir más de un 15% de sus datos.

Del total de 1172 datos analizados, la Selección Convencional excluyó 212 datos (18% del total), 86 más que el método de Selección por Porcentaje, con el cual el porcentaje de exclusión correspondió a 11% (126 datos).

Sin embargo, nuevamente, en relación con el desempeño comparativo de los laboratorios, las conclusiones que se puede extraer con ambos métodos son muy coincidentes, y la conclusión general es que en este tipo de análisis la calidad de los laboratorios de servicio a nivel nacional también es satisfactoria.

El cuadro 6 establece, en forma redondeada y con una confiabilidad cercana al 70% la lista de rangos que podría entenderse como el porcentaje de variación o el grado de precisión con que se suministra al usuario cada una de las determinaciones de análisis foliares que se efectúan en los laboratorios del país.

En promedio, para los elementos mayores podría hablarse de un 10% de variación, y para los menores de 15%.

Cuadro 6. Porcentaje de variación o grado de precisión de las determinaciones de análisis foliares efectuados en los laboratorios de Costa Rica.

	Análisis	% de variación
MAYORES	N	5-10
	P	5-10
	K	5-10
	Ca	5-10
	Mg	5-10
	S	15-20
MENORES	Fe	10-15
	Cu	10-15
	Mn	10-15
	Zn	10-15
	B	10-15

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones técnicas generadas sobre los **análisis de suelos** son:

1. La operación de los laboratorios de análisis de suelos y foliares en el país es en términos generales satisfactoria.
2. La determinación con mayor problema de variación dentro y entre laboratorios, es el B. Como es una situación muy generalizada que ocurre probablemente por problemas metodológicos de extracción, en beneficio del usuario, se recomienda omitirlo de los análisis de rutina hasta que se afine una nueva metodología.
3. Con un 70% de confiabilidad, se puede establecer que el porcentaje de Variación o Grado de Precisión de la mayoría de las determinaciones de suelos efectuadas en el país, tanto en la metodología Olsen Modificado-KCl, como en Mehlich 3, oscila entre 10 y 20%.
4. En promedio, se puede establecer que el porcentaje de variación para las determinaciones asociadas con la acidez (acidez, Ca, Mg y K) fluctúa entre 10-15%. Sólo los valores bajos de acidez,

de poca relevancia agronómica, presentan valores de variación mayores.

5. La variación para los otros elementos que son relevantes en un análisis de suelos, P y Zn, fluctúa generalmente entre 15 y 25%. Cuando los valores determinados son bajos, situación que es frecuente de encontrar en el país, la variación puede ser de un 5% más.
6. Fuera del rango general, el S fluctúa entre 20-25%, y el Fe entre 10-30%, siendo esta variación especialmente alta cuando la determinación se hace en Olsen Modificado.

Y para los **análisis de tejidos foliares** las conclusiones técnicas son las siguientes:

1. La precisión de los análisis foliares es superior a la de los análisis de suelos.
2. La precisión de los elementos mayores para los laboratorios nacionales, con un 70% de confiabilidad, oscila entre 5-10% y la de los menores entre 10-15%.
3. Sólo el S presenta mayor variabilidad, entre 15-20%.

LITERATURA CONSULTADA

- HOROWITZ W. (Ed). 2000. Official methods of analysis of AOAC International. 17 ed.
- INTECO. 2000. Ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratoriales. Partes 1 y 2. San José, Guía INTE-ISO/IEC 43:2000.
- INTECO 2000. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración. San José, INTE-ISO/IEC 17025:2000.
- Ley No. 8279. 2002. Sistema nacional de la calidad. Asamblea Legislativa, Gaceta 21 mayo 2002.
- MEHLICH A. 1984. Mehlich 3 soil extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. Communications in Soil Science and Plant Analysis 15:1409-1416.
- SPARKS D.L. (Ed). 1996. Methods of soil analysis. Part 3, Chemical Methods. Soil Science Society of America, Inc. USA. 1390 p.
- WEPAL. 2005. Wageningen evaluating programmes for analytical laboratories. Info.Wepal@wur.nl

