

**Validación del extracto celular de la
inflorescencia de palma africana (*Elaeis
guineensis* Jacq.), como herramienta de
diagnóstico nutricional**

Tania Soledad Gallo Dueñas

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Validación del extracto celular de la
inflorescencia de palma africana (*Elaeis
guineensis* Jacq.), como herramienta de
diagnóstico nutricional**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
Al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Tania Soledad Gallo Dueñas

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2008

Validación del extracto celular de la inflorescencia de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), como herramienta de diagnóstico nutricional

Presentado por

Tania Soledad Gallo Dueñas

Aprobado:

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.
Asesor Principal

Miguel Vélez, Dr. Sci. Agr.
Director Carrera de Ciencia y
Producción Agropecuaria.

Washington Padilla, Ph.D.
Asesor Principal

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Odilo Duarte, Dr. Sci. Agr., M.B.A.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador del Área Temática

RESUMEN

Gallo, Tania. 2008. El extracto celular de la inflorescencia de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.), como herramienta de diagnóstico nutricional. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 17 p.

El extracto celular de las plantas es una herramienta útil como diagnóstico nutricional para determinar intervalos de concentraciones nutrimentales asociadas con deficiencias, toxicidades o desbalances nutricionales. Permite identificar y prever desde las primeras etapas de cultivo, manifestaciones de alteraciones nutricionales que afecten el rendimiento del cultivo. El objetivo del estudio fue validar el extracto celular de la inflorescencia de palma africana como método de diagnóstico del estado nutricional en el cultivo. El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Palma Africana (CIPAL), de ANCUPA, ubicado en el cantón La Concordia, a 260 msnm, en 00°02'54"S y 79°24'54"W, con una precipitación anual promedio de 3071 mm, suelos de origen volcánico. Se seleccionaron plantas de acuerdo a su apariencia y producción alta, media y baja. De cada uno de los tres sitios escogidos se tomaron muestras de suelo a 30 cm de profundidad para análisis químico de pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, macro y micronutrientes. De las plantas escogidas se tomaron muestras de los folíolos del tercio medio de la hoja 17 para determinar concentración de nutrientes en el laboratorio Agrobiolab Cía. Ltda. Se tomó una inflorescencia de cada planta, en la etapa de inicio de floración para el análisis del Extracto Celular de Inflorescencia (ECI). No se obtuvo rangos o intervalos de suficiencia en el contenido de nutrientes en el extracto celular de la inflorescencia de la palma, excepto para potasio, magnesio y boro. Existió una correlación entre los niveles de elementos en el ECI de la flor de la palma y los análisis químicos del suelo, foliar y producción. Hubo relación altamente significativa directa entre el NO₃ del ECI y producción, significativa directa entre P, Mg, B y S del ECI y producción, significativa directa de P, Mg del ECI y foliar, correlación inversa entre la Na del ECI y producción, correlación inversa de C.E, NO₃, Mg del ECI y concentración de estos en el suelo. Se puede predecir la relación entre la producción y el contenido de Mg y B en el ECI mediante dos ecuaciones. Producción t/ha = 5.015 + 1.857 B ECI; Producción t/ha = 0.118 + 0.02149 Mg ECI - 0.000008 Mg² ECI. El análisis de ECI es una herramienta de apoyo para evaluar el estado nutricional de una plantación de palma africana en potasio y magnesio. Los niveles de potasio en el ECI son adecuados entre 4623 ppm y 5009 ppm y bajos entre 3119 ppm y 3505 ppm. Los niveles de magnesio en el ECI son adecuados entre 902 ppm y 905 ppm y bajos entre 465 ppm y 468 ppm.

Palabras clave: Floración, macroelementos, microelementos, pecíolos, raquis central.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros	v
Índice de anexos	vi
INTRODUCCIÓN	1
MATERIALES Y MÉTODOS	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
CONCLUSIONES	15
RECOMENDACIONES	16
BIBLIOGRAFÍA	17
ANEXOS	18

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Producción de los lotes de alta, mediana y baja producción 2007-2008, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	4
2. Análisis físico de suelos de tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	8
3. Condición química (pH, conductividad eléctrica y materia orgánica), en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	9
4. Contenido de nutrientes interpretado para análisis químico de macronutrientes en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	10
5. Contenido de nutrientes interpretado para análisis químico de micronutrientes en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	10
6. Contenido de macronutrientes interpretado para análisis químico foliar en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	11
7. Contenido de microelementos interpretados para análisis químico foliar en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	11
8. Biodisponibilidad de nutrientes por comparación de análisis químico de suelos y foliar en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	12
9. Contenido de nutrientes en el extracto celular de la inflorescencia en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	12
10. Correlación entre Extracto Celular de la inflorescencia versus producción, análisis de suelo y foliar, para conductividad eléctrica, macro y micronutrientes en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	13

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1.	Análisis químico de pH, C.E, M.O y macronutrientes de suelos e interpretación, en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	17
2.	Análisis químico de micronutrientes y sus relaciones en el suelo e interpretación, en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	18
3.	Análisis químico de macronutrientes e interpretación, en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	18
4.	Análisis químico de micronutrientes e interpretación, en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	19
5.	Análisis de Extracto Celular de la Inflorescencia, pH, C.E, macronutrientes en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	19
6.	Análisis de Extracto Celular de la Inflorescencia de micronutrientes e interpretación en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	20
7.	Parámetros estadísticos y ecuaciones lineales de correlación de la variable producción, suelo, foliar y ECI (MINITAB ©) obtenida para NO ₃ , PO ₄ , Mg, B, C.E en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	21
8.	Parámetros estadísticos y ecuaciones cuadráticas de correlación de la variable producción, suelo, foliar y ECI (MINITAB ©) obtenida para NO ₃ , PO ₄ , Mg, B, C.E en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador	22
9.	Parámetros estadísticos y ecuaciones cúbicas de correlación de la variable producción, suelo, foliar y ECI (MINITAB ©) obtenida para NO ₃ , PO ₄ , Mg, B, C.E en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.....	23

INTRODUCCIÓN

La palma africana es un cultivo que ha cobrado importancia en la última década dentro de la economía mundial, y se estima que el consumo mundial aumentará 60 % entre 2002 y 2030 (Bezart 2006). Por el momento, el uso alimentario de aceites vegetales es predominante, pero se prevé que su papel en la producción de energías renovables aumentará rápidamente.

Las primeras plantaciones de palma africana en el Ecuador se remontan al año 1953 en Santo Domingo de los Colorados, provincia de Pichincha y en Quinindé, provincia de Esmeraldas, sitios en los que se inician los cultivos en pequeña escala (Armendáriz 2002). Las condiciones climáticas favorables ubican al Ecuador en un lugar de privilegio para el cultivo de la palma africana, actividad que reúne todos los requisitos para convertirse en uno de los ejes de desarrollo social y de gran aporte para la economía, en la generación de divisas que constituyen el pilar fundamental para sostener la dolarización en el Ecuador (Banco Central del Ecuador- Ancupa 2006).

El cultivo de la palma africana promueve inversiones de aproximadamente 600 millones de dólares, genera fuentes de trabajo e impulsa el progreso de extensas zonas del Ecuador, no solo por el cultivo, sino por los negocios que se generan alrededor del mismo. En la actividad agrícola se encuentran empleadas directamente alrededor de 60,000 personas y se calcula que en los negocios relacionados a este cultivo como la comercialización e industrialización se ha generado adicionalmente 30,000 plazas de trabajo. La Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Africana ANCUPA y su brazo comercializador FEDAPAL, se caracterizan por su organización, capacitación, transferencia tecnológica, investigación y promoción de este cultivo a lo largo de la cadena (Banco Central del Ecuador- Ancupa 2006).

Para el buen desarrollo y producción de este cultivo es importante conocer el estado nutricional del mismo y contar con un suelo sano que provea a la planta los nutrientes necesarios para su crecimiento.

El análisis físico y químico de una muestra de suelo es una práctica usual al momento de hacer un diagnóstico de la fertilidad del suelo, para determinar diferentes factores de importancia como índices de fertilidad, estructura, textura, salinidad entre otros¹.

El análisis foliar es otra herramienta importante para determinar los nutrientes en la planta y los que ha absorbido. Es un complemento, pero no un sustituto del análisis de suelo. Puede ser muy variable entre las especies y partes de planta, y en combinación con el análisis de suelo facilita la detección de problemas nutricionales (Padilla 2007).

¹ Arévalo, G. 2007. Notas de la clase de Manejo de Suelos y Nutrición vegetal. E.A.P., Zamorano, Honduras.

El extracto celular de las plantas es una herramienta útil, como diagnóstico para determinar intervalos de concentraciones nutrimentales asociadas con deficiencias, toxicidades o desbalances nutricionales en diferentes etapas fenológicas de la planta y relacionada con su potencial de rendimiento (Cary 1971): Permite identificar y prever desde las primeras etapas de cultivo, manifestaciones de alteraciones nutricionales que afecte el rendimiento del cultivo.

El análisis de Extracto Celular de Pecíolos (ECP), es una buena herramienta para diagnosticar, con un buen tiempo de anticipación a la cosecha, el estado nutricional de los cultivos (Padilla 2007).

Se ha incrementado esfuerzos para aumentar la tecnología en torno a esta alternativa de análisis celular. A partir del año 2005 se han realizado varios experimentos para continuar con la evaluación y seguimiento de los resultados del Extracto Celular de Pecíolos, tanto a nivel de laboratorio como invernadero y campo. El Centro de Investigación en Palma (CIPAL), que pertenece a ANCUPA ubicado en la Concordia provincia de Esmeraldas, es la entidad que ha facilitado estas investigaciones y que presenta diferente tipo de manejo del cultivo, suelo y especies, que se ve reflejado en la calidad de las plantas.

En este estudio se pretendió validar el extracto celular de la inflorescencia de palma africana como método de diagnóstico del estado nutricional en el cultivo, al comparar los resultados con los análisis de suelo y foliar, el nivel de absorción de la palma africana al estado fenológico de la planta y la asimilación de nutrientes de la solución del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Palma Africana (CIPAL), de ANCUPA, ubicado en el cantón La Concordia provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Características geográficas y climáticas

Altitud:	260 msnm
Latitud:	00°02'54"S
Longitud:	79°24'54"W
Precipitación anual promedio:	3071 mm
Temperatura promedio:	24°C
Temperatura máxima:	30°C
Temperatura mínima:	20°C
Humedad promedio anual:	88%.
Topografía:	plana en un 40% y ondulada un 60%
Tipo de suelo:	Franco Arcilloso, Franco
Orden:	Andosoles
Origen:	Ceniza Volcánica

Cultivo

El cultivo esta plantado con una densidad de 9 × 9 m a tresbolillo lo que da 143 plantas por hectárea.

El manejo que se le da a la plantación por técnicos de CIPAL es:

- Deshierba alrededor del tallo en la gotera de la planta cada dos meses, en forma manual (Chapia del plato de la corona).
- Control fitosanitario de raíces con Furadan 4F 8 cc por planta, aplicado en todo el plato de la corona cada 20 días.
- Cosecha cada 16 días.

Criterios para la selección del área de muestreo

Tomando en cuenta conceptos en la agricultura de precisión se escogieron los lugares que cumplieran con los objetivos de la investigación, es decir: diferente grado de fertilidad del suelo y la condición fenológica y producción de las plantas, caracterizándolas como plantas de producción alta, mediana y baja.

Se seleccionaron los lotes:

Lote 1 que corresponde a las plantas de alta producción llamado por los técnicos como “Comercial uno”, plantado en el año 2004.

Lote 5 donde están ubicadas las plantas de regular producción llamado “Comercial Terrazas” plantado en el año 2002.

Lote 4 donde están las plantas de baja producción llamado por lo técnicos como “Comercial sin riego” plantado en el año 2002.

Se escogieron tres inflorescencias por cada lote para tener datos suficientes y hacer un análisis estadístico, por el alto costo de cada muestra, y por el valor económico que representa una inflorescencia madura en una planta productora.

Producción

Se confirmó que las inflorescencias fueron tomadas de los lotes de alta, mediana y baja producción, con los rendimientos de diciembre 2007 a marzo 2008 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción (t/ha) de los lotes de alta, mediana y baja producción 2007-2008, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Lote de Producción	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	\sum^{f}
Alta	9.35	12.43	17.06	13.83	52.67
Mediana	7.70	7.36	15.62	12.52	43.20
Baja	6.98	7.18	9.27	8.32	31.75

Datos proporcionados por CIPAL (Centro de Investigación en Palma Africana)

^f Sumatoria de producción de los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

Caracterización física de los suelos

En cada palma se hicieron barrenaciones en el área de mayor desarrollo radicular para verificar la homogeneidad de suelo por unidad de muestreo y una vez que se confirmó esta uniformidad se procedió a la toma de muestras.

Para el conocimiento de las propiedades físicas de los suelos, se tomaron muestras no disturbadas a dos profundidades: 0-20 y 20-35cm de los lotes 1, 4 y 5. Las

características analizadas fueron: contenido de humedad (agua) por diferencia de peso en el campo y seco a 120° C, densidad aparente por el método del cilindro, porosidad, contenido de arena, limo y arcilla y clase textural por el método de Bouyucos. Los análisis fueron realizados en los laboratorios Agrobiolab Cía. Ltda.

Caracterización química de los suelos

De cada uno de los tres sitios escogidos, se tomaron muestras de suelo a 30 cm de profundidad para realizar el análisis químico completo que incluyó en pH, materia orgánica (M.O), conductividad eléctrica, macro y micronutrientes.

El pH del suelo se determinó en una relación suelo agua de 1:2.5, mediante potenciometría. La materia orgánica se determinó por el proceso de oxidación-reducción causada por el dicromato de potasio y el ácido sulfúrico, para valorar el exceso de ácido crómico por retroceso con disolución de una sal ferrosa.

Se utilizó la solución extractora de Olsen modificada, compuesta por bicarbonato de sodio, EDTA y un defloculador, ajustada a un pH de 8.5 con NaOH 10 N que extrae fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc. Esta solución en el suelo permite la hidrólisis de los compuestos Al-P y Fe-P y la disolución del Al y Fe, dejando libre al P para su determinación de una manera similar a la que harían las raíces de las plantas en un medio-ambiente equilibrado. El resto del proceso es colorimétrico mediante el uso del tartrato doble de potasio y antimonio y del molibdato de amonio en combinación con la solución del ácido ascórbico (Padilla 2007).

La determinación de los nitratos se realizó en el laboratorio Agrobiolab, mediante el método del ácido sulfónico (Padilla 2007).

La determinación del nitrógeno amoniacal se realizó mediante la extracción con bicarbonato de sodio y la adición de fenol básico y cloretol para desarrollar el color necesario para determinar su absorbancia en un colorímetro. El azufre y el boro fueron extraídos mediante la solución de fosfato de calcio. El método turbidimétrico fue utilizado para el azufre determinándolo como sulfato de bario. El boro se determinó por el método de la curcumina y su absorbancia leído en un colorímetro. La acidez de intercambio por titulación en una alícuota del extracto de cloruro de potasio 1 N, y haciendo uso de fenolftaleína como indicador, se titula con una solución de NaOH 0.01N.

En suelos con altas concentraciones de sales o que reciben altas cantidades de fertilizantes, se realiza la determinación de la conductividad eléctrica, la misma que se realiza en un extracto de agua en pasta saturada con el suelo. El puente de salinidad de Wheatstone fue instrumento que se utilizó para su análisis.

Análisis químico de tejidos o análisis foliar.

De las plantas escogidas se tomaron las muestras de los foliolos del tercio medio de la hoja 17 para hacer los análisis químicos respectivos en el laboratorio Agrobiolab Cía. Ltda. Se utilizó el proceso de mineralización húmeda haciendo uso de la mezcla ácida nítrico perclórica en una relación 5:1, para el análisis de fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganeso y zinc.

El nitrógeno se analizó por el procedimiento Kjeldhal, utilizando una mezcla de ácido sulfúrico y sulfato de potasio con un catalizador a base de cobre. El equipo utilizado para este procedimiento es el Kjeltec de fabricación suiza.

La determinación de potasio, calcio, magnesio y sodio se realizó en una alícuota del filtrado añadiendo agua y una solución de lantano, para evitar las interferencias, en absorción atómica. Los microelementos cobre, hierro, manganeso y zinc, se determina también por absorción atómica en el concentrado directo, con solo la adición de la solución de lantano al 1%. Para el azufre el filtrado se preparó con una solución turbidimétrica, para determinarla por colorimetría. El fósforo se determinó en una solución ácida de molibdato de amonio. Para boro el laboratorio utiliza el método de la curcumina, ácido sulfúrico y metanol, para determinarlo colorimétricamente.

Análisis de Extracto Celular de la Inflorescencia

Para el Extracto Celular de la Inflorescencia (ECI) de la palma es necesario tomar en cuenta el grado de turgencia de las células cuando se va a tomar muestras, para obtener el volumen líquido extraído del raquis central de la inflorescencia, con valores adecuados de concentración salina para que sobrepasen los 10.5 dS/m de C.E y con un volumen líquido mayor o igual a 50 ml. Es necesario considerar que la mayor parte del agua en la célula se encuentra en el citoplasma y en las vacuolas, con una fracción bastante reducida en la pared celular (Kramer 1969).

De cada una de las tres plantas escogidas de cada sitio determinado, se tomó una inflorescencia, en la etapa de inicio de floración tomando como criterio que en esta etapa se efectúa la translocación de las sustancias elaboradas en las hojas, en el proceso de fotosíntesis, hacia los frutos.

Las inflorescencias se transportaron al laboratorio en un contenedor a una temperatura inferior a 14 °C para impedir su deshidratación. Se lavaron, pesaron y se separaron las espigas que se encuentran adheridas al raquis central, de donde se extrajo el fluido que permite obtener un líquido menos espeso y aceitoso. La extracción del fluido celular se realizó mediante el uso de un extractor de acero inoxidable para sacar el líquido a un recipiente de vidrio de color ámbar, para registrar el volumen extraído.

Inmediatamente se procedió a determinar el pH y la conductividad eléctrica para evitar cualquier cambio de estos parámetros con el tiempo y se hicieron los análisis químicos correspondientes.

La metodología utilizada para los análisis de Extracto Celular de la Inflorescencia (ECI), fue tomada del denominado Extracto Celular de Pecíolos (ECP) que ha sido desarrollada por la OAC y por la Standard Methods for Examination of water and wastewater, 20th edition, ya que se trata de análisis del agua de la planta (Padilla 2007).

En el fluido celular se determinó la concentración de los iones : NH_4 , NO_3 , PO_4 , Zn, Cu, Fe, Mn, B, K, Ca, Mg, Na, S, conductividad eléctrica (C.E) y volumen. Además en el residuo vegetal donde se realizó la extracción (bagazo) se determinó materia seca y se analizaron los nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, B, SO_4 .

La concentración total de nutrientes en la flor se determinó por sumatoria ponderada de la concentración de nutrientes en el fluido celular más la concentración de nutrientes en el bagazo. Este resultado se denominó concentración de nutrientes en la flor.

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa MINITAB 14, y se determinó la correlación que existe entre el suelo, foliar, bagazo y E.C.I para cada elemento determinado en los análisis químico con una significancia de < 0.05 .

Con los resultados de los análisis químicos del fluido celular se realizó una separación de medias Tukey con un BCA (Bloques Completamente al Azar) con tres tratamientos y tres repeticiones, para comprobar que un rango podía diferenciarse de otro.

Modelos de predicción

A partir de las correlaciones se realizó una regresión para determinar la ecuación que más se ajuste al modelo, tomando en cuenta un R^2 ajustado $> 70\%$ y una probabilidad < 0.05 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condición física del suelo

Los suelos son en su mayoría francos y algunos francos arenosos, dato que anticipa que las plantas están en lotes uniformes en cuanto a textura (Cuadro2).

Cuadro 2. Análisis físico de suelos de tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Lote de producción	Profundidad cm	Densidad Aparente g/cm ³	%		Clase Textural
			Humedad	Porosidad	
Alta	00-20	1.07	50.17	58.66	F ^o , FA [£]
	20-35	0.89	52.62	66.28	F, FA
Mediana	00-20	0.79	57.96	70.30	FA, F
	20-35	0.76	80.26	71.44	F
Baja	00-20	0.83	50.90	68.55	F
	20-35	0.90	53.35	65.89	F

^o F= Franco

[£] FA= Franco arenoso

La densidad aparente de los suelos en todos los casos fue menor de 1.00, lo cual corrobora su origen volcánico y varió en su comportamiento según esté en el horizonte superficial (0-20 cm) o bajo él (20-35 cm).

La humedad del suelo al momento en que se tomó la muestra osciló entre 50 a 80 %, cabe anotar que la hora del día en que se tomó la muestra fue diferente, lo cual puede afectar esta información. La porosidad fue muy alta, mayor de 60% (Cuadro 2).

Condición química del suelo

En general las plantas de mediano y alto rendimiento estaban en suelos ligeramente ácidos, el pH es un factor que dificulta la disponibilidad de nutrientes especialmente de las bases de potasio, calcio, magnesio y boro, que resulta en las marcadas deficiencias nutricionales. Las plantas de bajo rendimiento están en suelos con un pH ácido en su mayoría (Cuadro 3).

Cuadro 3. Condición química (pH, conductividad eléctrica y materia orgánica), en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Lotes de producción	pH	CE[§]	CICE^ε	M.O[¶]
Alta	LAc ^ε	Baja	Bajo	Alta
Mediana	LAc	Baja-Suficiente	Baja-Media	Alta
Baja	LAc-Ac	Baja-Suficiente	Baja	Alta

^εLAc = Ligeramente ácido, Ac = Ácido

[§]CE = Conductividad Eléctrica

^εCICE = Capacidad de Intercambio Cationico

[¶]M.O = Materia Orgánica

La CE varió, en las plantas de alta producción fue baja y en las de producción mediana y baja fue baja a suficiente. Esta relación puede indicar que las plantas de alta producción están asimilando los nutrientes y la fertilización es efectiva mientras que en las otras se mantiene en el suelo. La Capacidad de Intercambio Catiónica Efectiva (CICE) es baja. Se debe tomar en cuenta que estos suelos tienen carga dependiente del pH por lo que se espera que esta propiedad cambie cuando lo haga el pH (Anexo 2).

El contenido de materia orgánica (MO), fue alto en todos los lotes. La materia orgánica al liberar hidrógenos a la solución del suelo puede ser un factor acidificante, pero también supe nutrientes a las plantas, no lo suficiente para cubrir las necesidades del cultivo.

Los elementos que mostraron relación entre el contenido del suelo y la producción fueron N y B. El contenido de amonio en el suelo varió en el área con plantas de alta y mediana producción con niveles medios a suficientes y en el área de plantas de bajo rendimiento con nivel medio y exceso, de forma similar los nitratos en plantas de alta y mediana producción estaban en baja concentración y en las áreas restantes variaron de baja a exceso de concentración (Cuadro 4 y 5).

El boro es el micro elemento considerado como el de mayor importancia en el cultivo de palma africana. Siguió la tendencia de menor concentración en los suelos que corresponden a las plantas con mejor condición en estructura y follaje; al contrario se encontró en mayor concentración en los suelos donde se encontraban las plantas deterioradas por la falta de asimilación de nutrientes y agua

Cuadro 4. Contenido de nutrientes interpretado para análisis químico de macronutrientes en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Lotes de producción	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	Na
Alta	Medio	Bajo	Suficiente	Medio-Alto	Bajo-Medio	Bajo	Bajo
Mediana	Medio-Suficiente	Bajo-Exceso	Suficiente	Exceso	Bajo-Suficiente	Bajo-Medio	Bajo
Baja	Medio-Exceso	Bajo-Exceso	Alto	Alto	Bajo-Medio	Bajo	Bajo

Cuadro 5. Contenido de nutrientes interpretado para análisis químico de micronutrientes en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Lotes con producción	Cu	Fe	Mn	Zn	B	SO4
Alta	Exceso	Exceso	Medio	Medio-Exceso	Bajo	Bajo
Mediana	Alto-Exceso	Exceso	Bajo-Exceso	Suficiente-Alto	Exceso	Medio
Baja	Alto-Exceso	Suficiente-Exceso	Medio-Exceso	Medio-Alto	Alto-Exceso	Bajo-Suficiente

Estado nutricional de la planta (análisis foliar)

El nitrógeno en las plantas de alta producción fue alto, pero en las plantas de producción mediana y baja los niveles fueron deficientes, lo que coincide con síntomas visibles en el campo de clorosis y amarillamiento en las hojas viejas de las plantas. El cobre tuvo el mismo comportamiento (Cuadros 6 y 7, Anexo 3).

Cuadro 6. Contenido de macronutrientes interpretado para análisis químico foliar en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Producción	N	P	K	Ca	Mg
Alta	Alto	Deficiente	Deficiente-Suficiente	Exceso	Deficiente
Mediana	Deficiente	Deficiente	Deficiente-Alto	Deficiente-Suficiente	Deficiente
Baja	Deficiente	Deficiente	Deficiente-Alto	Exceso	Deficiente

El fósforo, manganeso y azufre fueron deficientes y el hierro en exceso en todas las plantas. El potasio mostró un comportamiento inverso a la producción, es decir, altas producciones se asociaron a déficit en la hoja y viceversa. Había exceso de potasio en plantas de baja producción. El calcio y zinc se encontraron en niveles altos o excesivos en plantas de alta y baja producción y en niveles bajos en las de producción mediana, por lo que no es claro su comportamiento respecto a la producción. Se puede decir que el calcio no está siendo trasladado en la planta (Cuadro 6 y 7).

Cuadro 7. Contenido de micronutrientes interpretado para análisis químico foliar en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Producción	Zn	Cu	Fe	Mn	B	SO4
Alta	Alto	Alto	Alto-Exceso	Deficiente-Alto	Alto	Deficiente
Mediana	Bajo-Suficiente	Deficiente	Alto	Deficiente-Bajo	Alto	Deficiente
Baja	Suficiente-Alto	Deficiente	Alto	Deficiente-Bajo	Alto	Deficiente

Boro en el análisis foliar, tuvo valores altos en todas las plantas muestreadas y no existió una relación con el nivel de producción.

Biodisponibilidad de nutrientes

Niveles bajos de calcio en el suelo y en el follaje, bajo potasio foliar y niveles altos de nitrógeno, cobre, y zinc foliar, se relacionaron con alta producción. La disponibilidad de calcio, magnesio y azufre en el suelo debe ser limitada. La planta es muy eficiente en la absorción de nitrógeno y boro ya que en el suelo el contenido es bajo y alto en el foliar. La absorción de fósforo, potasio y manganeso no es eficiente ya que había suficiente en el suelo pero no en el follaje. El cobre, zinc y hierro se absorbieron por la disponibilidad alta en el suelo (Cuadro 8)

Cuadro 8. Biodisponibilidad de nutrientes por comparación de análisis químico de suelos y foliar en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Niveles de Suficiencia		Lotes de producción		
Suelo	Foliar	Alta	Media	Baja
Bajo	Deficiente	Ca, Mg, S	Mg, Mn	Mg
Bajo	Alto	N, B		
Medio-Suficiente	Deficiente-Bajo	P, K, Mn	N, P, S	S
Medio	Suficiente-Alto		Ca	Ca, Zn
Suficiente-Exceso	Suficiente-Alto-Exceso	Cu, Zn, Fe	K, Fe, B	K, Fe, B
Alto-Exceso	Deficiente-Bajo		Cu, Zn	N, P, Cu, Mn

Niveles medios a bajos de producción se asocian a deficiencia de azufre y cobre foliar y a niveles altos de calcio y potasio foliar, lo cual ratifica que se deben mantener alto el azufre y cobre, pero bajo el calcio y potasio en el suelo. Manganeso, boro, azufre y hierro no muestran una tendencia clara en relación a la producción.

Extracto celular de la inflorescencia de la palma

No se puede dar rangos o intervalos de suficiencia en el contenido de elementos en el extracto celular de la inflorescencia de la palma porque estadísticamente fueron iguales, excepto para el caso de los elementos potasio y magnesio (Cuadro 9).

Cuadro 9. Contenido de nutrientes en el extracto celular de la inflorescencia en tres diferentes condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador

Elemento	Producción (ppm)			Error estándar
	Alta	Media	Baja	
NH ₄	104.2 a	96.9 a	49.1 a	±9.36
NO ₃	82.0 a	66.7 a	45.0 a	±55.10
PO ₄	773.3 a	583.3 a	511.7 a	±280.98
K	4816.3 a	3649.7 ab	3312.3 b	±192.87
Ca	792.7 a	633.7 a	580.3 a	±42.68
Mg	904.0 a	604.0 b	466.3 b	±1.46
Na	13.1 a	7.4 a	6.9 a	±0.13
Cu	0.7 a	0.4 a	0.4 a	±17.23
Fe	45.0 a	42.0 a	34.9 a	±0.88
Mn	3.6 a	2.6 a	2.5 a	±0.47
Zn	4.6 a	4.0 a	2.6 a	±0.39
B	4.2 a	2.8 ab	2.1 b	±40.35
S	457.8 a	362.4 a	296.1 a	±0.39

* Medias con diferente letra en cada fila son significativamente diferentes (P<0.05).

Relación entre Extracto Celular de la Inflorescencia (ECI), producción y concentración de elementos en el suelo y foliar.

Se observó una correlación entre cada elemento del Extracto Celular de la Inflorescencia (ECI) de la palma y los análisis químicos del suelo, foliar y producción.

La correlación altamente significativa positiva entre NO₃ del ECI y la producción; significativa positiva entre el P, Mg, B, S del ECI y la producción; significativa positiva entre P y Mg foliar y el ECI, mientras que existió una correlación significativa negativa entre el Na de la inflorescencia y la producción; significativa negativa entre la C.E, NO₃ y Mg del suelo y el ECI (Cuadro 9).

Cuadro 10. Correlación entre Extracto Celular de la inflorescencia versus producción, análisis de suelo y foliar, para conductividad eléctrica, macro y micronutrientes en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Elemento en Extracto Celular de Inflorescencia	Producción		Suelo		Foliar	
C.E	-0.635	ns	-0.716	*		
NH ₄	-0.355	ns	0.451	ns	-0.403	ns
NO ₃	0.795	**	-0.765	*	0.529	ns
P	0.73	*	-0.147	ns	0.755	*
K	0.524	ns	-0.359	ns	-0.264	ns
Ca	-0.066	ns	0.097	ns	0.199	ns
Mg	0.688	*	-0.66	*	0.717	*
Na	-0.78	*	0.278	ns		
Zn	0.574	ns	0.104	ns	0.59	ns
Cu	0.383	ns	-0.486	ns	0.544	ns
Fe	0.043	ns	-0.422	ns	-0.36	ns
Mn	0.341	ns	-0.575	ns	0.427	ns
B	0.843	*	-0.483	ns	-0.395	ns
S	0.771	*	-0.523	ns	0.466	ns

* significativo (P< 0.05)

** altamente significativo (P< 0.01)

ns = no significativo

Modelos de Predicción

Tomando en cuenta los valores de R² y R² ajustados mayor a 70 % y significativos (P<0.05), no hubo una relación válida entre los resultados de extracto celular de la inflorescencia con los análisis de suelo o foliar, por lo que no se recomienda usar este método para evaluar el estado nutricional de la planta.

No se encontró un modelo válido que prediga la relación entre el contenido de nutrientes determinado en el ECI y la producción, contenido de elementos en el suelo y foliar. (Anexo 8, 9 y10)

Solamente se puede predecir la relación entre la producción y el contenido de Mg y B en el ECI mediante dos ecuaciones.

$$\text{Producción (t/ha)} = 5.015 + 1.857\text{ECI B}$$

con los siguientes datos estadísticos:

$$R = 71.1 \quad R^2 (\text{adj.}) = 67 \quad P = 0.04$$

$$\text{Producción (t/ha)} = 0.118 + 0.02149 \text{ ECI Mg} - 8 * 10^{-6} \text{ ECI Mg}^2$$

con los siguientes datos estadísticos:

$$R = 88.2 \quad R^2 (\text{adj.}) = 84.3 \quad P = 0.002$$

CONCLUSIONES

- El análisis de Extracto Celular de la Inflorescencia de palma africana es una herramienta de apoyo para evaluar el estado nutricional de potasio y magnesio de una plantación de palma africana.
- Magnesio y Boro son los únicos elementos con los que se puede establecer una relación entre su contenido en el ECI y la producción
- Se obtuvo las siguientes ecuaciones: Producción (t/ha) = $5.015 + 1.857\text{ECI B}$ y Producción (t/ha) = $0.118 + 0.02149\text{ECI Mg} - 8 \times 10^{-6}\text{ECI Mg}^2$
- Los niveles de potasio en el ECI tuvieron impacto en la producción al encontrarse adecuados cuando están entre 4623- 5009 ppm y bajos cuando están entre 3119-3505 ppm
- Los niveles de magnesio en el ECI tuvieron impacto en la producción al encontrarse adecuado cuando están entre 902-905 ppm y bajos cuando están entre 464 -467 ppm
- El grado de turgencia de la inflorescencia es importante al analizar un fluido celular, porque de ahí deriva el volumen y el peso que se toma en cuenta para la interpretación de los datos obtenidos del laboratorio

RECOMENDACIONES

- Al hacer el análisis de extracto celular en el laboratorio sólo se debe tomar la parte del raquis central ya que las inflorescencias tiene un líquido viscoso y aceitoso que impide la recolección del líquido usado para el análisis.
- Repetir el estudio en diferentes etapas del cultivo y épocas del año para determinar la concentración de elementos en el fluido celular en relación a la concentración de elementos en los tejidos y determinar cuanto influyen las lluvias.

BIBLIOGRAFÍA

Armendáriz, O 2002. Sectorial Palma Africana. Superintendencia de Bancos y Seguros. Disponible en <http://www.superban.gov.ec>

Banco Central del Ecuador-Ancupa 2006. Ministerio de Agricultura, ganadería acuicultura y pesca del Ecuador. Disponible en: <http://www.sica.gov.ec/cadenas/aceites/docs/ANALISIS.htm>,

Bezart, M. 2006. La Palma Africana, un proyecto mundial, social y ecológicamente destructor. Tercera Feria, PRONAF

Cary, R.P. 1971 The irrationality of using leaf analysis as a unique reference to citrus fertilizer requirement. p. 15-27. En: R.M. Samish. Recent advances in plant nutrition. Vol. 1. Gordon and Breach Science Publishers. New York, USA.

Houtart, F 2006. La Palma Africana. (En línea). 08 de Noviembre 2007 Disponible en: http://www.nodo50.org/tortuga/article.php3?id_article=4152

Kramer P. 1969. Plant & Soil Water Relationships A Modern Synthesis. McGraw Hill Book Company. New York. pp. 37-43.

Padilla, W. 2007. Interpretación de los Análisis elaborados por AGROBIOLAB Cia. Ltda. Disponible en <http://www.clinica-agricola.com/>

ANEXOS

Anexos 1. Análisis químico de pH, CE, M.O y macronutrientes de suelos e interpretación, en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

lotes de producción	pH	CE	M.O	ppm			meq/100ml			
		mmhos/cm	%	NH4	NO3	P	K	Ca	Mg	Na
Alta 1	6.2 Lac	0.16 B	6.28 A	43.1 M	3.10B	17.6 A	0.46 A	3.91 B	1.00 B	0.04 B
Alta 2	5.8 Lac	0.19 B	6.51 A	43.1 M	46.70B	14.8 S	0.23 M	4.36 M	0.85 B	0.05 B
Alta 3	5.9 LAc	0.16 B	4.70 A	33.3 M	4.00B	9.00 M	0.35 M	3.63 B	0.51 B	0.06 B
Mediana 1	5.9 LAc	0.91 B	5.05 A	33.3 M	&	5.6 B	2.2 E	6.6 S	1.99 M	0.08 B
Mediana 2	5.8 LAc	0.81 B	6.99 A	35.0 M	50.20B	13.8 S	1.03 E	3.81 B	1.10 B	0.08 B
Mediana 3	5.9 LAc	1.59 S	8.49 A	57.8 S	75.40E	38.0 E	2.45 E	4.81 M	1.4 B	0.07 B
Baja 1	5.8 LAc	0.32 B	4.63 A	36.6 M	4.00B	12.5 S	0.61 A	3.07 B	0.92 B	0.05 B
Baja 2	5.1 Ac	1.28 M	8.70 A	80.7 E	92.00E	24.0 A	0.58 A	4.88 M	1.30 B	0.06 B
Baja 3	5.0 Ac	1.93 S	11.5 A	129.7 E	142.50E	24.0 A	0.74 A	5.33 M	1.58 B	0.09 B

& dato perdido

^βAc: Ácido ; LAc: Lig. Ácido; Pn: Prac. Neutro; LAI: Lig. Alcalino; AI: Alcalino

^αB: Bajo; M: Medio; S: Suficiente; A: Alto; E: Exceso

Interpretación de los Análisis elaborados por AGROBIOLAB Cia. Ltda.

Anexo 2. Análisis químico de micronutrientes y sus relaciones en el suelo e interpretación, en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador

Lote de producción	ppm						CICE	Fe/Mn	Mg/K	Ca+Mg/K	Al+H
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	SO4	meq/100ml	R1	R3	R4	meq/100ml
Alta 1	8.1 E	311 E	6.2 M	17.6 E	0.11 B	8.3 B	5.41 B	50.16	2.17	10.67	
Alta 2	8.0 E	231 E	7.6 M	12.7 E	0.06 B	7.6 B	5.49 B	30.46	3.70	22.65	
Alta 3	6.5 E	138 E	3.0 B	4.0 M	0.20 B	9.7 B	4.55 B	46.00	1.46	11.83	
Mediana 1	11.2 E	127.5 E	4.5 B	7.5 A	2.55 E	14.3 M	10.87 M	28.33	0.90	3.90	
Mediana 2	5.7 A	166.0 E	5.0 B	6.7 S	3.96 E	20.4 M	6.02 B	33.20	1.07	4.77	
Mediana 3	6.8 E	309.5 E	17.8 E	7.7 A	1.63 E	21.1 M	8.73 B	17.39	0.57	2.53	
Baja 1	10.4 E	144.5 E	7.2 M	4.5 M	1.12 A	14.6 M	4.65 B	20.07	1.51	6.54	
Baja 2	5.0 A	355 E	18.9 E	7.8 A	1.7 E	26.1 S	7.76 B	20.37	2.24	10.66	0.94
Baja 3	4.6 A	193 S	22.8 E	5.5 M	2.74 E	9.2 B	8.54 B	20.29	2.14	9.34	0.80

^aB: Bajo; M: Medio; S: Suficiente; A: Alto; E: Exceso Interpretación de los Análisis elaborados por AGROBIOLAB Cia. Ltda.

Anexo 3. Análisis químico de macronutrientes e interpretación, en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Lote de producción	%					ppm		
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe
Alta 1	3.18 E	0.15 D	1.08 S	1.11 E	0.20 D	23.50 A	7.50 A	295.00 E
Alta 2	2.54 S	0.13 D	0.93 D	1.14 E	0.15 D	19.90 A	6.20 A	263.00 E
Alta 3	2.72 A	0.14 D	0.71 D	1.14 E	0.23 B	18.10 A	8.60 A	229.50 A
Mediana 1	1.71 D	0.11 D	1.13 S	0.65 B	0.11 D	13.90 B	3.10 D	147.50 A
Mediana 2	1.47 D	0.10 D	1.51 A	0.75 S	0.11 D	12.40 B	3.00 D	168.10 A
Mediana 3	1.90 D	0.12 D	0.83 D	0.94 D	0.13 D	15.10 S	4.10 B	206.50 A
Baja 1	1.62 D	0.12 D	1.44 A	1.48 E	0.19 D	25.20 A	3.30 D	156.50 A
Baja 2	1.55 D	0.09 D	1.19 S	1.13 E	0.11 D	17.30 S	3.10 D	242.00 A
Baja 3	1.59 D	0.11 D	0.85 D	1.23 E	0.19 D	18.20 A	2.70 D	233.10 A

^aD: Deficiente; B: Bajo; M: Medio; S: Suficiente; A: Alto; E: Exceso. Interpretación de los Análisis elaborados por AGROBIOLAB Cia. Ltda.

Anexo 4. Análisis químico de micronutrientes e interpretación, en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Lote de producción	ppm		N/P	Fe/Mn	Ca/Mg	Mg/K	N/K+Ca+Mg	SO ₄
	Mn	B						%
Alta 1	115.90 B	58.87 A	21.20 E	2.55 E	5.55 E	0.19 B	1.33 S	0.13 D
Alta 2	84.30 D	58.50 A	19.54 E	3.12 E	7.60 E	0.16 B	1.14 M	0.15 D
Alta 3	184.80 A	66.77 A	19.43 E	1.24 E	4.96 E	0.32 A	1.31 S	0.12 D
Mediana 1	55.00 D	64.14 A	15.55 E	2.68 E	5.91 E	0.10 D	0.90 B	0.12 D
Mediana 2	83.00 D	67.52 A	14.70 E	2.03 E	6.82 E	0.07 D	0.62 B	0.09 D
Mediana 3	114.90 B	60.38 A	15.83 E	1.80 E	7.23 E	0.16 B	1.00 B	0.01 D
Baja 1	86.90 D	60.38 A	13.50 B	1.80 E	7.79 E	0.13 D	0.52 B	0.10 D
Baja 2	88.60 D	53.61 A	17.22 A	2.73 E	10.27 E	0.09 D	0.64 B	0.12 D
Baja 3	133.40 B	57.37 A	14.45 S	1.75 E	6.47 E	0.22 M	0.70 B	0.12 D

^oD: Deficiente; B: Bajo; M: Medio; S: Suficiente; A: Alto; E: Exceso. Interpretación de los Análisis elaborados por AGROBIOLAB Cia. Ltda.

Anexo 5. Análisis de Extracto Celular de Inflorescencia, pH, CE, macronutrientes en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Lote de producción	pH	CE	ppm						
		mmhos/cm	NH ₄	NO ₃	PO ₄	K	Ca	Mg	Na
Alta 1	5.7	12.55	36.6	80	750	5887	259	962	6.1
Alta 2	6	10.53	51.3	70	650	4137	334	800	5.3
Alta 3	5.9	10.75	59.4	96	920	4425	1148	950	9.2
Mediana 1	5.5	10.8	90.5	53	520	4287	594	500	10.4
Mediana 2	5.6	9.72	64.3	54	555	3375	731	512	16
Mediana 3	5.6	8.33	136	28	460	3287	576	387	13
Baja 1	5.9	8.5	52.9	65	528	3475	869	625	8.5
Baja 2	5.7	8	49.6	82	453	2712	844	625	8
Baja 3	5.9	5.6	210	53	625	3750	665	562	5.6

Interpretación de los Análisis elaborados por AGROBIOLAB Cia. Ltda.

Anexo 6. Análisis de Extracto Celular de la Inflorescencia de micronutrientes e interpretación, en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Lote de producción	ppm						Peso g	Volumen ml
	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S		
Alta 1	0.46	17.5	4.25	4.15	4.66	373.7	1081.5	41
Alta 2	0.55	18.8	1.55	3.45	4.13	462.4	1616.1	54
Alta 3	0.96	98.8	5.10	4.40	3.66	537.4	1381.2	25
Mediana 1	0.43	58.8	3.15	2.95	2.45	324.3	2009.8	94
Mediana 2	0.48	36.3	2.85	2.70	1.83	244.1	1651.5	115
Mediana 3	0.41	30.8	1.85	2.10	2.08	320	778.6	50
Baja 1	0.13	43.8	2.25	4.90	2.01	315.8	764.4	42
Baja 2	0.76	18.5	3.60	5.65	3.68	433.4	1127.4	26
Baja 3	0.39	42.5	1.60	3.35	2.74	337.9	1499.1	27

Interpretación de los Análisis elaborados por AGROBIOLAB Cia. Ltda.

Anexo 7. Parámetros estadísticos y ecuaciones lineales de correlación de la variable producción, suelo, foliar y ECI (MINITAB ©) obtenida para NO₃, PO₄, Mg, B, C.E en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Ecuación	%		P
	R2	R2 (adj)	
Producción = 4.885 + 0.08908 ECI NO ₃	63.20	57.90	0.010
Suelo NO ₃ = 165.9 - 1.762 ECI NO ₃	58.50	51.60	0.027
Producción = 3.984 + 0.01096 ECI PO ₄	53.30	46.60	0.026
Foliar P = 612.6 + 0.9498 ECI PO ₄	57.00	50.80	0.019
Producción = 8.105 + 0.003289 ECI Mg	47.40	39.80	0.040
Suelo Mg = 200.9 - 0.07422 ECI Mg	43.60	35.50	0.053
Foliar Mg = 1046 + 0.6911 ECI Mg	51.40	44.40	0.030
Producción = 5.015 + 1.857 ECI B	71.10	67.00	0.004
Suelo C.E = 4.503 - 0.3668 ECI C.E	51.30	44.40	0.030

Anexo 8. Parámetros estadísticos y ecuaciones cuadráticas de correlación de la variable producción, suelo, foliar y ECI (MINITAB ©) obtenida para NO₃, PO₄, Mg, B, C.E en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

Ecuación	%		P
	R2	R2 (adj)	
Producción = 5.166 + 0.0792 ECI NO ₃ + 0.000079 ECI (NO ₃) ²	63.20	50.90	0.050
Suelo NO ₃ = 253.3 - 4.883 ECI NO ₃ + 0.02492 ECI (NO ₃) ²	64.20	49.80	0.077
Producción = - 2.41 + 0.03093 ECI PO ₄ - 0.000015 ECI (PO ₄) ²	55.30	40.40	0.089
Foliar P = 73 + 2.637 ECI PO ₄ - 0.001246 ECI (PO ₄) ²	59.00	45.40	0.069
Producción = 0.118 + 0.02149 ECI Mg - 0.000008 ECI Mg²	88.20	84.30	0.002
Suelo Mg = 231.4 - 0.1438 ECI Mg + 0.000029 ECI Mg ²	44.60	26.20	0.170
Foliar Mg = 532.5 + 1.862 ECI Mg - 0.000488 ECI Mg ²	55.50	40.70	0.088
Producción = 3.885 + 2.646 ECI B - 0.1245 ECI B²	71.30	61.70	0.024
Suelo C.E = 9.46 - 1.341 ECP C.E + 0.04722 ECP C.E ²	53.20	37.60	0.103

Anexo 9. Parámetros estadísticos y ecuaciones cúbicas de correlación de la variable producción, suelo, foliar y ECI (MINITAB ©) obtenida para NO₃, PO₄, Mg, B, C.E en tres condiciones de producción en palma africana, La Concordia, provincia de Esmeraldas, Ecuador.

ECUACIÓN	%		P
	R2	R2 (adj)	
Producción = 16.11 - 0.5698 ECI NO ₃ + 0.01156 ECI (NO ₃) ² - 0.000062 ECI (NO ₃) ³	68.4	49.4	0.101
Suelo NO3 = 412.6 - 14.36 ECI NO ₃ + 0.1933 ECI (NO ₃) ² - 0.000917 ECI (NO ₃) ³	66.8	41.9	0.182
Producción = 90.61 - 0.4095 ECI PO ₄ + 0.000658 ECI (PO ₄) ² - 0.0000001 ECI (PO ₄) ³	67.3	47.7	0.109
Foliar P = 6847 - 29.44 ECI PO ₄ + 0.04775 ECI (PO ₄) ² - 0.000024 ECI (PO ₄) ³	68.1	49	0.102
Producción = - 1.422 + 0.02732 ECI Mg - 0.000014 ECI Mg² + 0.0000001 ECI Mg³	88.3	81.3	0.009
Suelo Mg = 155.4 + 0.144 ECI Mg - 0.000288 ECI Mg ² + 0.0000001 ECI Mg ³	45.2	12.3	0.352
Foliar Mg = 1166 - 0.54 ECI Mg + 0.00216 ECI Mg ² - 0.000001 ECI Mg ³	56	29.6	0.216
Producción = 17.72 - 11.45 ECI B + 4.393 ECI B² - 0.4601 ECI B³	72.8	56.5	0.071
Suelo C.E = - 66.4 + 20.97 ECI C.E - 2.115 ECI C.E ² + 0.0690 ECI C.E ³	55.9	29.5	0.217

