

INFLUENCIA DE LOS TRABAJOS DE LABORATORIO EN LA EVOLUCION DE LA CAFICULTURA EN COSTA RICA *

Por

J. F. Carvajal

Director, Laboratorio de Investigaciones
Agronómicas, Facultad de Agronomía, Uni-
versidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

SUMMARY. The laboratory studies have an important role in the spectacular increase in yields in Costa Rica during the last decades. The studies have been concentrated on the effects of the deficiency of minor elements; the role of urea as fertilizer; the toxic effects of biuret, and special studies on sulphur, phosphorus and calcium. Some methodological work has been done in the application of leaf analysis by solutes, in sampling procedures and seasonal variation. Two practical problems have been studied: fruit drop, in which the effects of alphanaphtalenacetic acid and sugar are promising; and wilting after transplanting, in which applications of sugar and root pruning combined have given good results.

The role of laboratory studies have been very successful because they are intimately related to the most pressing needs, and to the acceptance of the results by farmers and technicians. The studies on phosphorus, for instance, had an immediate application in the latosolic regions. Also the diagnostic value of foliar analysis. The choice of the most urgent problems, and the joint attack with the field technicians, have been of foremost importance in the success of this program.

El cultivo del cafeto experimentó en Costa Rica una transformación notable du-

rante la última década, al superarse una serie de prácticas culturales empíricas o primitivas. En primer término la identificación de los daños que ocasiona la falta de algunos elementos menores en la nutrición del cafeto, inició una nueva era en la caficultura del país (25, 26, 30).

* El avance en los campos de la Fitopatología y la Entomología está fuera del ámbito del presente trabajo. Sin embargo, valga mencionar la contribución del laboratorio en los estudios relativos al arsénico residual en hojas y granos de café procedentes de plantas asperjadas con arseniato de plomo para el control del hongo *Mycena citricolor* (Berk & Curt.) Sacc. causante de la enfermedad conocida como ojo de gallo, gotera o mancha de hierro del cafeto. (33)

Como corolario de estas y otras investigaciones que se llevaron a cabo simultáneamente, se procedió de inmediato a divulgar la necesidad de evitar tales disturbios nutricionales mediante la adición adecuada de elementos menores, y al mismo tiempo a enfatizar el beneficio que se deriva del uso de fórmulas completas. Concluída esta pri-

mera fase, los directores del programa de mejoramiento promovieron la intensificación del estudio sobre la nutrición y manejo del cafeto, sin subestimar el problema fitosanitario. El resultado de esta gestión se vió pocos años después de iniciados los trabajos, cuando el rendimiento se había aumentado en cien por ciento por unidad de superficie. Un resumen de antecedentes y planes de investigación ejecutados durante los años 1950-1957, ha sido dado a conocer por Pérez (38).

Durante cierto tiempo la evolución de los experimentos se hizo con base en la respuesta de la cosecha, sin contar con los datos que pudiera dar el laboratorio. Esta etapa ya ha sido superada y en la actualidad está llegando a su fin. Desde hace aproximadamente cinco años el departamento del café del Ministerio de Agricultura y Ganadería, viene trabajando en colaboración con varios laboratorios de investigación locales.

DIMENSIONES Y PROYECCIONES DE LOS TRABAJOS REALIZADOS CON EL CONCURSO DEL LABORATORIO

La interpretación de los resultados que se obtienen en ensayos, con base en los datos cuantitativos que supe el laboratorio, se inició en Costa Rica hace pocos años. Desde 1953 los técnicos de campo afirmaron la importancia de trabajar conjuntamente con el laboratorio. Desde entonces la aplicabilidad de las investigaciones basadas en estudios de laboratorio, ha sido reconocida por todos. Han merecido prioridad los estudios de índole aplicada, a excepción de aquellos en que se ha buscado imperativamente cierta información básica. Las investigaciones se han planeado de preferencia, hacia problemas relativos a la fertilidad del suelo y a la fisiología del cafeto, sin subestimar la interacción de ambos factores combinados (relación suelo-planta).

ESTUDIOS SOBRE FERTILIDAD DEL SUELO

Las investigaciones en este campo han hecho posible que en la actualidad se cuente con una información apreciable, que da base para entender los fundamentos de la fertilización del cafeto. Los trabajos se iniciaron en 1956 bajo la dirección de Volk (42) y consistieron en un estudio de la lixiviación de los aniones y su influencia en la pérdida de cationes por arrastre (41). Se encontró que si el fertilizante contiene sulfatos y cloruros, las pérdidas son mayores en cationes esenciales, y que los compuestos no electrolitos, relativamente poco solubles, dan una pérdida menor de nutrientes en el suelo. En otras palabras, que los sulfatos y cloruros se consideran como críticos. Conviene aclarar que según Bornemisza (5) el contenido de azufre aparentemente no constituye un factor limitante de la producción, en las condiciones de la Meseta Central de Costa Rica. Por eso su adición no es necesaria a las fórmulas de fertilizantes. Las investigaciones que se realizaron en este asunto consistieron en un reconocimiento del azufre total en el suelo, del extraíble y del orgánico. Se sabe hasta ahora que el contenido de azufre total es alto en todos los suelos, y que existe una gran cantidad de azufre extraíble en el horizonte B de suelos clasificados como latosoles en la actualidad, contrario a lo que se observa en los horizontes A y B en los de origen volcánico o aluvial. El contenido de azufre orgánico es alto en general, especialmente en el horizonte A.

Después se procedió a estudiar la eficiencia de conversión de la úrea en el suelo y los efectos tóxicos que causa el biureto (2, 38, 42). Los resultados que se obtuvieron en estas investigaciones sugirieron la necesidad de estudiar la velocidad de la nitrificación del amonio en diferentes suelos. Se encontró que efectivamente algunos substratos tienen una capacidad nitrificadora muy baja (1).

Los estudios sobre reacción del suelo, contenido de potasio y materia orgánica, aunque no han abarcado todo el país dan una buena orientación con respecto al *status* en un buen número de los suelos cultivados (6). Estos trabajos dieron origen a una investigación básica que se realizó después, y que consistió en un estudio comparativo de la metodología para el análisis del potasio (7,24). Estudios *in vitro* permitieron conocer el efecto directo del ión hidronio del substrato sobre el crecimiento y la absorción del café (15).

La fertilidad de los suelos cafetaleros está siendo objeto de una investigación exhaustiva. En este particular se han distinguido los ensayos biológicos efectuados por Pérez y otros (37, 38, 39). Se hicieron estudios *in vitro* y en la actualidad también se trabaja en los más importantes desde el punto de vista del cultivo en caña de azúcar. (17).

Dado que la respuesta al abonamiento con fósforo es de difícil predicción, especialmente cuando se trata de latosoles, actualmente se está estudiando la disponibilidad relativa de este elemento en suelos donde se ha aplicado cantidades discretas de calcio*. Investigaciones previas (27) sugirieron la realización de este tipo de trabajo.

Las investigaciones sobre el comportamiento y la disponibilidad del fósforo en los suelos del área cafetalera de Costa Rica constituyen una contribución de gran valor práctico. Recientemente se dió a conocer un resumen de los resultados obtenidos por Kretschmer y Acevedo (27). El trabajo consistió en una prueba biológica en la que se estudió la respuesta del café y de sorgo como planta indicadora, a niveles estratificados de fósforo. Se hizo un fraccionamiento de los fosfatos en cada uno de

* González, M. A. 1964. Laboratorio de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Datos aún no publicados.

los suelos y se estudió la capacidad de fijación de las partículas con respecto a este nutrimento. La identificación del tipo de arcilla que se encuentra presente en algunos de estos suelos ha sido también objeto de estudio (4, 28); el conocimiento de ciertas características intrínsecas se considera importante pues ayuda a interpretar el comportamiento del suelo.

Un aspecto que merece especial mención es el acunulamiento de N, P, K, que exhiben los suelos en función al tiempo, tras una fertilización periódica. Se demostró experimentalmente que la adición de fertilizantes conduce a un acunulamiento de nutrimentos en la zona de aplicación más cercana al lugar de más alta concentración de raíces activas del café **.

FISIOLOGIA DEL CAFETO

Los problemas de la nutrición mineral han sido enfocados en una serie de investigaciones parciales, las cuales aportan nuevos elementos para establecer la aplicación racional de los fertilizantes. Por eso las investigaciones en ese campo han sido específicas, orientadas a fines prácticos, dando prioridad a la nutrición mineral.

Con este concepto en mente, los fundamentos enunciados por Von Liebig en 1840 sirvieron de base en un principio; se estudió el requerimiento individual de nutrimentos de la cosecha de café propiamente dicha, según el enunciado de la "ley de la restitución" (11). Se descubrieron los síntomas visuales que exhibe el café cuando individualmente la concentración de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, boro y

** Carvajal, J. F. C. A. López & R. Rhoden. 1964. Laboratorio de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Datos aún no publicados.

zinc, aparecen insuficientes en la nutrición (12, 23, 25, 26, 30, 35, 36), o cuando dos deficiencias ocurren simultáneamente, condición esta última que se asemeja bastante a lo que usualmente se observa en el campo (29). Los síntomas fueron corroborados en la mayoría de los casos mediante análisis químicos de los tejidos afectados, y se hizo un análisis detallado acerca de la proporción relativa de cada nutrimento en hojas de plantas experimentales. Este aspecto se juzga importante para la interpretación correcta del análisis foliar para fines de diagnóstico. La posición de los órganos en la planta y la rapidez con que muestran los síntomas de deficiencia dieron una idea bastante clara acerca de la movilidad de los elementos. La vía de traslación de algunos de los nutrimentos ha sido igualmente estudiada (34).

La práctica del análisis foliar en Costa Rica empezó después que en Brasil, Colombia y Hawaii (22, 31). Los primeros estudios consistieron en la ratificación de los síntomas visuales de deficiencia con base en el análisis foliar, y en un inventario de la concentración individual de los nutrimentos en las hojas del café en función de la edad de las mismas. Se estudió la variación estacional durante un periodo de tres años y se establecieron niveles tentativos con respecto a las concentraciones altas, medias, bajas y deficientes de algunos elementos.

Los estudios corroboraron la postulación hecha por otros investigadores con respecto a la ventaja de usar el cuarto par de hojas para fines de diagnóstico. La selección se había hecho con base en un criterio de "composición química patrón" que se altera muy poco en el cuarto par durante las distintas épocas del año.

Los métodos de análisis foliar que se usan actualmente como guía del *status* nutritivo del café son varios (13). Con base en la evidencia obtenida durante la última década, los estudios se orientaron además hacia la exploración del metabolismo intermedio del nitrógeno o con ocasión de la

antes, la cual produce un cambio drástico en la fisiología (19). Esto se hizo con el objeto de encontrar nuevos métodos de diagnóstico, de aplicación en el futuro. Muller (32) propuso en Costa Rica un sistema de "análisis diferencial". Este método se basa en el conocimiento de la magnitud de la diferencia entre el contenido de nutrimentos en las hojas más jóvenes y las viejas. El método de análisis por solubles es de reciente introducción (16). Se ha demostrado que es más sensible y más útil en algunos casos que el análisis por totales (11, 16, 19). Actualmente se conoce no solamente la parte de la planta más apta para el diagnóstico por solubles (16), sino también la variación estacional de las mismas formas químicas (18). Los requerimientos nutritivos del café durante un ciclo anual (absorción neta) ha sido igualmente objeto de investigación*. La determinación del nivel crítico en la planta se encuentra todavía en estudio. (14)

Las pérdidas que ocasiona la caída del café en fruta durante ciertos periodos del año, son de mucho valor económico. Estudios previos realizados en los últimos tres años demostraron que durante el mes de junio se inicia la caída del café en fruta, que culmina con la pérdida de prácticamente un cincuenta por ciento de la cosecha en las condiciones de la Meseta Central de Costa Rica. Con base en evidencia experimental se asume que el café, al igual que otras plantas, bien puede sufrir en esa época un "déficit" de auxinas o un desequilibrio en la relación nitrógeno/carbohidratos en los órganos de metabolismo activo. Ahora bien, durante dicho estudio, las aplicaciones al follaje de ácido alfanaf-talen acético resultaron beneficiosas para los fines que se persiguieron. La bondad de esta sustancia se puso en evidencia tras una evaluación cuidadosa de muchos com-

* Carvajal, J. F., A. Acevedo & C. A. López. 1962. Laboratorio de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Datos aún no publicados.

puestos. Se encontró que en algunos casos las aplicaciones de azúcar por atomización al follaje aparentemente reducen en buena parte también la incidencia de la caída del fruto (15).

Otro aspecto práctico que se ha estudiado es la marchitez que el cafeto experimenta después del trasplante, que en algunos casos inclusive llega a ocasionarle la muerte. Los estudios efectuados en el campo han demostrado que la atomización al follaje con solución de azúcar, antes del trasplante, reduce las pérdidas significativamente (20). Estas observaciones fueron corroboradas en ensayos llevados a cabo en condiciones controladas en el invernadero. Posteriormente otros investigadores se interesaron en el mismo problema e introdujeron nuevos tratamientos (40). La poda de raíces se cita ahora, entre otras, como una práctica cultural que obliga a la planta a producir un sistema radical más profuso, lo que la faculta para mantener un nivel hídrico menos alterado después del trasplante (mayor superficie de exposición con respecto al agua). Se encontró que existe una interacción poda x azúcar. El azúcar, al actuar sobre el equilibrio osmótico de las células, disminuye la pérdida de agua por transpiración.

El efecto del ácido giberélico sobre el crecimiento del cafeto, con el objeto de acortar el ciclo antes del trasplante, se estudió poco tiempo después que la citada hormona cobró popularidad (9).

RELACION SUELO - PLANTA

El estudio de la relación suelo-planta es quizá el tema que más caracteriza los objetivos que se persiguen en las ciencias agronómicas aplicadas. El laboratorio y el invernadero constituyen un instrumento básico para la realización de este tipo de investigaciones, ya sea antes de que los resultados se ensayen en el campo, o *a posteriori* como guía para la interpretación correcta de las pruebas en escala mayor.

Un primer ejemplo está claramente representado por los resultados que se han obtenido en pruebas de crecimiento del cafeto, en invernadero utilizando sorgo como planta indicadora (27). Estas investigaciones han permitido correlacionar tres variables simultáneamente, el nivel de fósforo en el suelo, la capacidad de fijación del substrato con respecto al fósforo, y la respuesta de las plantas a la fracción fosfórica finalmente disponible, evaluada en las propias plantas en función del crecimiento, peso seco y contenido de fósforo total. La capacidad de suministro de potasio se ha evaluado utilizando *Digitaria* sp. como planta indicadora (8).

La determinación del nivel crítico en las hojas con respecto al contenido de N P K es un trabajo que se ejecuta en el campo, cuya interpretación se encuentra supeditada a las correlaciones que se obtienen con base en los resultados emanados del laboratorio (14). Se ha estudiado la disponibilidad del fosfato por medición del fósforo inorgánico acumulado en las hojas, en función al método de aplicación del fertilizante al suelo (10). Este trabajo dió base para recomendar métodos de aplicación que a la postre se traducen en un mayor aprovechamiento del fósforo disponible. Se encontró que existe una correlación entre la acumulación de los nutrimentos en las hojas (N P K) y el nivel de fertilización aplicado al suelo (16). Estos estudios han demostrado que la concentración de nitrógeno y fósforo soluble en las hojas del café refleja con exactitud las variaciones en concentración de ambos elementos en el substrato, en tanto que el tenor de nitrógeno y fósforo total sólo exhibe, entre tratamientos, diferencias significativas al diez por ciento. Los hechos anteriores señalan las limitaciones que ofrece el método clásico de análisis químico por totales para investigar el estado actual de nutrición del cafeto. La aplicación del análisis foliar con respecto a los elementos calcio y boro fue investigado por Pérez y colaboradores (39).

DISCUSION

Los resultados obtenidos por la investigación local enfatizan la importancia de contar con el concurso del laboratorio en varios campos de la caficultura. Alleger (3) presentó recientemente un compendio de algunos de los resultados locales. Las investigaciones realizadas han sido muy fructíferas; ciertas prácticas culturales se han cambiado radicalmente gracias a la evidencia experimental obtenida. Los estudios con respecto al comportamiento del fósforo en el suelo tienen un profundo significado práctico, es un medio en que predominan los suelos latosólicos. Como ejemplo, los ensayos biológicos diseñados con el fin de conocer el crecimiento de las plantas y el efecto residual, después de aplicar cantidades variables de fosfato al suelo, son investigaciones básicas de aplicación inmediata (10, 27). En el campo de la nutrición mineral se han destacado las investigaciones que se relacionan con los síntomas visuales que exhibe el cafeto cuando los nutrimentos se suministran en cantidades insuficientes o faltan del todo (12, 23, 29).

Otro aspecto que merece mención especial es el progreso alcanzado con el uso del análisis foliar en el cafeto para fines de diagnóstico. Las investigaciones se orientan en este campo hacia una meta: hacer del análisis foliar un método clásico para la identificación de las deficiencias minerales en su estado incipiente.

La evidencia experimental con que se cuenta, aunque sin ser vasta, muestra el logro científico que el laboratorio ha puesto en manos de los técnicos, ya como instructivo en algunos casos, ya como un simple criterio científico en otros, de particular importancia en el ejercicio profesional. Por sobre todas las cosas, el aprovechamiento lo están percibiendo directamente aquellos caficultores que se interesan por la práctica de técnicas con base en fundamento científico.

Si se considera que el costo de la vida se eleva con el tiempo, el empleo de sistemas de cultivo cada vez más eficientes resulta imperativo. Puede aseverarse que la aplicación de las investigaciones sobre mejoramiento agronómico, hechas con el concurso del laboratorio, han merecido no solamente la confianza de los técnicos que se sirven de ellas y que las divulgan, sino de los propios agricultores que reconocen el fundamento científico que las respalda. No obstante, para que sean útiles, estas investigaciones deben estar sujetas a un régimen de prioridades y deben ser orientadas hacia la solución de problemas económico-prácticos. Este aspecto, es tanto de la responsabilidad de los técnicos, como de las instituciones que auspician la investigación.

Por ser tantos y tan variados los problemas que demandan estudio o solución inmediata, se impone en el presente un mayor acercamiento entre los científicos; se hace necesario una coalición de esfuerzos con el objeto de alcanzar las metas dentro de menor plazo.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se hace un breve comentario acerca del papel que desempeña el laboratorio en la evolución de la caficultura en Costa Rica.

Se enfatiza la importancia del concurso del laboratorio en los trabajos que se relacionan con la fertilidad del suelo, la fisiología y la relación suelo-planta. Se incluye una breve reseña de los logros científicos alcanzados en cada uno de estos campos. Se hace un análisis conciso acerca de la proyección en la práctica de los trabajos que fueron interpretados con base en datos cuantitativos obtenidos en el laboratorio.

Se concluye que el laboratorio debe considerarse en la etapa presente como el principal instrumento de trabajo, esencial para el desarrollo científico de la caficultura. Puede aseverarse que el alto nivel alcan-

do en la economía del caficultor de Costa Rica se debe en buena parte a la contribución de los investigadores en los diferentes campos, durante la década pasada. La superación requiere, en la etapa actual, el empleo de técnicas de investigación más depuradas; la ayuda del laboratorio se considera imprescindible para alcanzar esa meta.

REFERENCIAS

- (1) ACEVEDO, A. Velocidad de hidrólisis de la úrea y el biuret en algunos suelos de Costa Rica. Departamento de Química, Facultad de Ciencias y Letras, Universidad de Costa Rica. Tesis sin publicar, 68 p. 1959.
- (2) ——— y PEREIRA, J. F. Hidrólisis de la úrea y el biuret en algunos suelos de Costa Rica. Turrialba 14 (4): 173-177. 1964.
- (3) ALLEGER, D. E. The STICA Laboratory-Plant and soil analysis. En Fertile Lands of Friendship pp. 250-282. University of Florida Press. 1962.
- (4) BLUE, W. G. & KRETSCHMER, A.R. Report on the clay fraction of Costa Rican soils. Informes s. f. 5 p. (mimeografiado).
- (5) BORNEMISZA, E. Categorías de azufre en suelos de la Meseta Central. Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Informe 59-1. 1959. 8 p. (mimeografiado).
- (6) ——— Acidez, contenido de potasio y materia orgánica de algunos suelos de Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. Inform. 59-2, 18 p., 1959. (mimeografiado).
- (7) ——— La solución extractora y la humedad en relación con el potasio intercambiable. Experiencias en un suelo aluvional de Costa Rica. Turrialba 10:35-39. 1960.
- (8) BRAVO, O. Métodos químicos para determinar el poder suministrador de potasio en los suelos. Departamento de Química, Facultad de Ciencias y Letras, Universidad de Costa Rica. Tesis sin publicar, 67 p. 1959.
- (9) CARVAJAL, J. F. Estudio preliminar sobre la respuesta del cafeto al ácido giberélico. Revista de Biología Tropical 6:273-278. 1958.
- (10) ——— Respuesta del cafeto a diversos métodos de aplicación de fertilizantes fosfatados. Laboratorio Químico de Investigaciones Agronómicas (STICA). Costa Rica. Informe Anual p. 2-4. 1959.
- (11) ——— Nutrición mineral del cafeto. Requerimientos de la cosecha. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. Información Técnica N° 9. 16 p. 1959.
- (12) ——— Estudio de las deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso en plantas de café (*Coffea arabica* var. *typica*). Revista de Biología Tropical 8:165-179. 1960.
- (13) ——— La toma de muestras foliares en cafetos para fines de diagnóstico. Café 5:25-33. 1963.
- (14) CARVAJAL, J. F. & LOPEZ, C. A. Niveles críticos de nitrógeno, fósforo y potasio en cafetos adultos. Laboratorio de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Informe Anual p. 3-6. 1963.
- (15) — & —. Prevención de la caída del café en fruta en el mes de junio. Laboratorio de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía,

- Universidad de Costa Rica. Informe Anual p. 12-13. 1963.
- (16) — & —. Hojas representativas para el análisis de nitrógeno, fósforo y potasio para fines de diagnóstico en plántas de café. *Fitotecnia Latinoamericana* 1:1-14. 1964.
- (17) —, —y ACEVEDO, A. Efecto del pH del sustrato en el crecimiento y la absorción del café. *Revista de Biología Tropical* 11:141-155. 1963.
- (18) —, —, LIBERMAN, I. & SEGNINI, C. H. Variación estacional del contenido de nitrato, fosfato y potasio en las hojas del café. Laboratorio de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Informe Anual 15 p. 1963.
- (19) — & MACHICADO, M. El metabolismo del nitrógeno en las hojas del café durante la floración. *Fitotecnia Latinoamericana* 1 (2): (En prensa).
- (20) — & PEREIRA, J. F. Atomizaciones con azúcar evitan la marchitez cuando se trasplanta el café. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. Informe 59-3. 1959. 6 p. (mimeografiado).
- (21) —, RAMIREZ, C., LOPEZ, C. A., & RHODEN, R. Caracterización química de las series de suelo dedicadas al cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. Laboratorio de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Informe Anual p. 3-5. 1963.
- (22) CHAVERRI, G., BORNEMISZA, E. & CHAVES, F. Resultados del análisis foliar del cafeto en Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. Información Técnica N° 3. 1957. 39 p.
- (23) — & CARVAJAL, J. F. Síntomas de deficiencia de los elementos fósforo, calcio, azufre y hierro en el cafeto producidos en invernadero. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. Información Técnica N° 8. 1959. 14 p.
- (24) CHAVES, F. Determinación de potasio en tejidos vegetales. Departamento de Química, Facultad de Ciencias y Letras, Universidad de Costa Rica. Tesis sin publicar. 1959. 50 p.
- (25) GONZALEZ, C. A. & CAMACHO, C. Síntomas de la deficiencia del boro en el cafeto. Informe preliminar. Ministerio de Agricultura e Industrias. Costa Rica. Boletín Técnico N° 11. 1952. 12 p.
- (26) GONZALEZ, C. A., CAMACHO, C. & GUEVARA, L. Informe preliminar sobre el efecto del sulfato de zinc en la corrección de ciertas formas de crecimiento anormal del cafeto. Ministerio de Agricultura e Industrias. Costa Rica. Boletín Técnico N° 7. s. f. 8 p.
- (27) KRETSCHMER, A. E. Resumen complementario del trabajo del Laboratorio Químico de Investigaciones Agronómicas, Proyecto 30, STICA y Ministerio de Agricultura e Industrias. Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 1960. 28 p.
- (28) LOPEZ, C. A. Identificación y clasificación de los minerales de arcilla presentes en nueve suelos de Costa Rica. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Tesis sin publicar, 1963. 56 p.
- (29) —, PEREIRA, J. F. & CARVAJAL, J. F. Síntomas de deficiencias com-

- binadas en plantas de café. *Revista de Biología Tropical*. 12(2): (En prensa).
- (30) MOWRY, H. Minor element deficiencies in coffee in Costa Rica. *Foreign Agriculture* 17:93-96 1953.
- (31) MULLER, L. Mineral deficiencies in coffee in Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. 1955. 33 p. (mecanografiado).
- (32) ——— La aplicación del diagnóstico foliar en el cafeto (*Coffea arabica* L.) para una mejor fertilización. *Turrialba* 9:110-122. 1959.
- (33) PEREIRA, J. F. Resíduos de arsénico en hojas y granos de plantas de café atomizadas con arseniato de plomo. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Tesis, 1960. 26 p.
- (34) ———, CRAFTS, A. S. & YAMACUCHI, S. Translocation in coffee plants. *Turrialba* 13:64-79 1963.
- (35) PEREZ, V. M. Deficiencia de magnesio en el cafeto. Ministerio de Agricultura e Industrias. Costa Rica. *Boletín Técnico* N° 15. 1955. 4 p.
- (36) ——— Algunas deficiencias minerales del cafeto en Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. *Información Técnica* N° 2. 1957. 27 p.
- (37) ——— Labores del Proyecto N° 23 en el mejoramiento del cultivo del café. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. *Información* N° 4. 1958. 15 p.
- (38) ——— Antecedentes y Planes de Investigación realizados en el cultivo del café en Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. *Información Técnica* N° 5. 1958. 31 p.
- (39) PEREZ, V. M., CHAVERRI, G. & BORNEMISZA, E. Algunos aspectos del abonamiento del cafeto con boro y calcio en las condiciones de la Meseta Central de Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. *Información Técnica* N° 1. 1956. 14 p.
- (40) ———, GUTIERREZ, G., PEREZ, J., BONILLA, I., CAMPOS, C. F. & CARMONA, E. Estudio preliminar sobre poda de raíces en almácigo de café. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. *Boletín Técnico* N° 42. 1963. 14 p.
- (41) RAMOS, A. M. Influencia de lixiviación de aniones en pérdidas por arrastre de cationes. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. *Información Técnica* N° 6. 1958. 31 p.
- (42) VOLK, G. M. Desarrollo y operación del Laboratorio de suelos de STICA, Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Costa Rica. *Informe Final*. 1960. 23 p.