

LIQC, CIENCIA Y TECNOLOGIA

MARCO QUIJANO RICO
Director del LIQC

He recibido la honrosa invitación para participar en los eventos relacionados con la celebración de los 50 años de CENICAFE. Para nosotros, los científicos, este tipo de acontecimientos tiene un significado especial, porque es el cultivo de la ciencia, en último análisis el eje de nuestra vida profesional. Es grande nuestro agradecimiento hacia aquellos pioneros del Gremio Cafetero que hace 50 años pusieron las bases de una tradición empresarial, a la cual hemos accedido no hace mucho tiempo en el LIQC.

También queremos dejar constancia de nuestra admiración por todos los investigadores que desde entonces han venido dedicando lo mejor de su existencia al servicio del Gremio y a la construcción del actual CENICAFE.

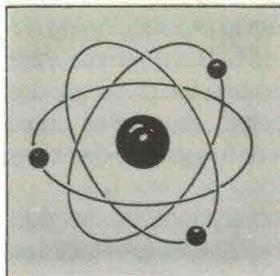
El Laboratorio de la Federación Nacional de Cafeteros, LIQC, tiene como principal objetivo servir al Gremio Cafetero por medio de la Ciencia y la Tecnología. Es al mismo tiempo una especie de centro de excelencia porque indudablemente de la calidad del trabajo científico o de la capacidad del poder innovativo de la tecnología nace la eficiencia de los aportes de servicio. Un corolario de estos puntos de vista es la necesidad de explorar en alguna medida al futuro, para tratar de proporcionar, en el transcurso de los años, soluciones apropiadas oportunamente. Se dan por lo tanto situaciones en las cuales se corre el riesgo de ser considerados poco realistas, por escapar a la caparazón de la visión tradicional. En el mundo moderno sin embargo este es un fenómeno cada vez menos frecuente a medida que evoluciona el nivel de desarrollo de los pueblos.

Ya han tenido ustedes la posibilidad de informarse sobre las actividades del Laboratorio en las áreas de la Biotecnología Vegetal y de la Física Técnica, gracias a las presentaciones de la señora Myriam de Peña y del doctor Eduardo Posada.

Otras áreas de actividad del Laboratorio son:

- Análisis Químico
- Biología Atómica
- Biología Molecular
- Biotecnología Industrial
- Química Aplicada

El trabajo de estas áreas se concentra principalmente sobre los siguientes temas:



Análisis Químico

Se adaptan y/o desarrollan métodos analíticos que permiten evaluar cualitativa y cuantitativamente la composición química del café. Estos métodos se aplican en:

- el establecimiento de correlaciones entre las sustancias constituyentes del café y la calidad.
- estudios de evaluación de la calidad del café tostado de consumo nacional y formulación de normas de control.
- tecnología del café verde, microorganismos y su incidencia en la calidad del café almacenado.

Para el desarrollo de estos programas, se han puesto a punto técnicas instrumentales por cromatografía de gases las cuales proporcionan resultados confiables en el análisis de aromas de café; información que es utilizable para el control de procesos y/o calidad del producto final. Esta técnica, asociada a la cromatografía líquida de alta eficiencia, permite efectuar rutinariamente un riguroso control del contenido en cafeína y residuos de pesticidas organoclorados en los cafés (solubles y verde) de exportación (respectivamente).

Para determinar cómo se afecta la calidad cuando se somete el café a diversos tratamientos tecnológicos o durante su almacenamiento se conformó un grupo de degustación de carácter investigativo el cual evalúa 14 características por muestra. Un tratamiento estadístico de esta información, así como de las medidas físicas y químicas que se efectúan, permite establecer correlaciones entre los componentes químicos del café y sus propiedades organolépticas.

En colaboración con la División de Comercialización Interna, se han venido investigando diversas variables, que influyen la calidad del café tostado de consumo interno, durante su almacenamiento. Actualmente se estudian por zonas del país las características del producto que se expende al público: empaques, grado de torrefacción, granulometría, humedad, microbiología, etc., para establecer normas y posibles recomendaciones correctivas de defectos.

En asocio con ALMACAFE, se ha investigado la influencia de la temperatura, humedad y ventilación sobre la calidad del café en las bodegas, en función de su ubicación en un arrume. Igualmente se ha estudiado minuciosamente la microflora del café pergamino y desarrollado métodos industriales modernos de desin-

festación microbiológica del grano, como es el caso de la radiación gamma.

Biología Atómica

Se logró esclarecer en buena parte el porqué y cómo actúan los fungicidas de cobre sobre las esporas de la roya. Estos conocimientos se han utilizado para tratar de mejorar la eficiencia de fungicidas a base de cobre. También se pudieron establecer diferencias en ciertas enzimas de la hoja del cafeto, las cuales, de acuerdo con los más recientes conocimientos, juegan un rol notable en la resistencia a las royas. Se pueden considerar estos datos como un umbral hacia la identificación por análisis químico de la resistencia a la roya. Se diseñaron nuevas formulaciones de fungicidas a base de cobre, los cuales podrían ser utilizados con aspersoras de ultra bajo volumen.

Biología Molecular

Se realizan trabajos para la determinación de actividades de enzimas eventualmente involucradas en las relaciones de cafetos con la roya. Se han iniciado estudios sobre la posibilidad de utilizar el *Agrobacterium tumefaciens* para introducir modificaciones genéticas en cafetos, para conocer la viabilidad de obtener plantas con características determinadas.

Biotecnología Industrial

Se han hecho evaluaciones sobre su potencial de aplicación a la producción de materias primas para la fabricación de fungicidas de cobre utilizando la denominada lixiviación bacteriana.

También se ha considerado la posibilidad de cultivar bajo condiciones controladas el hongo *Beauveria bassiana*, el cual puede constituirse en un eficaz medio de control biológico de la broca del café.

Desarrollo de procesos y equipos

En el período considerado se desarrollaron y/o estudiaron procesos diversos con proyección industrial para el secado de frutas y vegetales, de extractos (balso para la industria) de la panela, para la producción de panela instantánea, la preparación de bebidas refrescantes carbonatadas a base de café, formulación de fungicidas de cobre contra la roya en aceites especiales como vehículo, y la producción de nuevos fungicidas de cobre.

- Se diseñaron y construyeron equipos de: secado, concentración por evaporación bajo vacío, torrefactores,

reactores para la fabricación (a escala de laboratorio) de fungicidas, máquinas para preparar café, medidores electrónicos de la humedad del café, etc., etc. En estas áreas se cuenta con cerca de doce realizaciones patentables.

Debe destacarse la colaboración prestada a una empresa colombiana, durante la cual fue posible desarrollar un proceso de descafeinación de café verde, que puede considerarse como el más avanzado a nivel mundial actualmente para cafés de calidad, como el colombiano.

Protección del medio ambiente

La descontaminación de aguas residuales con *pasto pará* dió resultados satisfactorios. Se han obtenido numerosos datos sobre características químicas de aguas cargadas con residuos de la industria cafetera.

Otras investigaciones y desarrollos

A continuación daremos algunos detalles sobre investigaciones avanzadas o desarrollos tecnológicos, en cierta medida futuristas, que se han llevado a cabo en el Laboratorio, en Bogotá.

Investigaciones sobre bases científicas del control químico de la roya del cafeto por medio de compuestos de cobre

Los principios básicos del control químico de hongos por medio de compuestos de cobre han sido poco estudiados y son por lo tanto mal conocidos. Probablemente esta situación se puede atribuir a la aparición de fungicidas orgánicos de síntesis química, los cuales en los países industrializados relegaron al cobre a una posición secundaria. Sin embargo en el caso de la roya del cafeto los derivados de cobre siguen siendo los productos más utilizados para su control.

Los resultados obtenidos en el Laboratorio nos permiten hacer la siguiente descripción de los fenómenos directos que ocurren en el control químico de la roya del cafeto con compuestos de cobre (Figura 1).

- A. El depósito poco soluble de fungicida sobre la hoja es contactado por agua en forma de gotas o de una película de líquido.
- B. Una parte del compuesto "insoluble" de cobre se disuelve en el agua hasta que la concentración (en el caso de un fenómeno estacionario) alcanza el valor de saturación, o sea que este proceso está gobernado por el llamado producto de solubili-

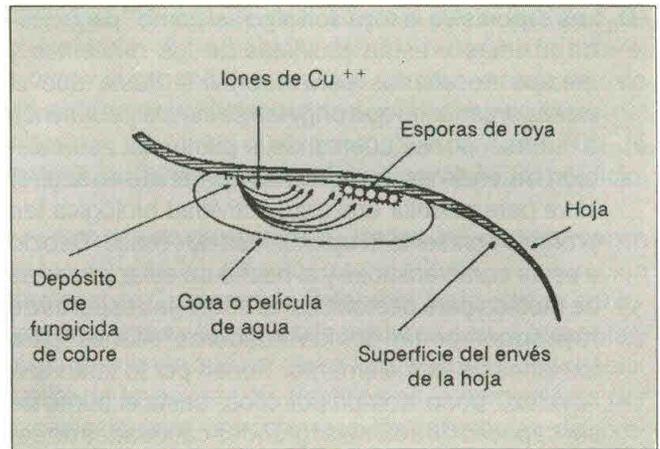


Figura 1. Transporte de iones de cobre de un depósito de fungicida a esporas. Vía gota de agua, soporte: envés de la hoja, Quijano-Rico *Et al.* (1989)

dad. Dependiendo de los compuestos de cobre utilizados, la concentración de cobre en solución puede llegar a varias decenas e incluso centenas de partes por millón ($\mu\text{g Cu}^{++}/\text{g}$ agua). Estas concentraciones son en general ampliamente suficientes para inhibir en un alto porcentaje la germinación de esporas de roya. El porcentaje de inhibición depende también de la duración del contacto entre las esporas y la solución acuosa de cobre. Para compuestos de cobre solubles en las grasas, o sea liposolubles, los cuales atraviesan más fácilmente la pared cerosa de las esporas, los tiempos de contacto necesarios son del orden de los segundos mientras que para compuestos de cobre que se disuelven preferencialmente en el agua y atraviesan menos bien la pared de la espора, estos tiempos de contacto son de minutos.

- C. En el caso de la Figura 1, una gota o película de líquido sobre una hoja contacta simultáneamente partículas de un depósito de fungicida, esporas de roya y la superficie de la hoja. A partir del momento en que la gota o película de líquido baña o moja a las partículas de fungicida, una parte de éste se disuelve hasta que su concentración es la de equilibrio, gobernada por el producto de solubilidad. Sin enumerar otros factores, el cobre disuelto se encuentra con dos "usuarios": la superficie de la hoja y las esporas. Los dos compiten entre sí por el cobre disponible, lo adsorben y lo fijan disminuyendo así su concentración en la solución acuosa. Para mantener el equilibrio o sea el producto de solubilidad, nuevas partículas de cobre deben disolverse.

- D. Las esporas de la roya son algo así como "paquetes" de enzimas y están provistas de los nutrientes y medios necesarios para sobrevivir hasta que el nuevo organismo que originan se instale y comience a nutrirse, por su cuenta, de la planta. La acumulación de enzimas (con un rico contenido en azufre) sirve para permitir una gran actividad biológica tan pronto se presenta la oportunidad adecuada. Debido a estas características y al hecho de estar provistas de medios para detoxificar al cobre, las esporas de roya se comportan como verdaderos "sifones" para los iones de este elemento. Tienen por lo tanto una "avidez" poco común por ellos, hasta el punto de ser capaces de acumular grandes cantidades de este elemento.
- E. Antes de iniciarse el proceso de penetración, el cobre es adsorbido en la superficie de la espora, por mecanismos similares a los del intercambio iónico. De allí es transferido hacia su interior por transporte activo, probablemente confundido con el calcio, o cuando las moléculas son estables y muy pequeñas, parece que cruzan sin dificultades la pared de la espora a través de sus poros.
- F. Una vez en el interior de la espora (en el citoplasma) el cobre debe ser transportado a diversos lugares por medio de diferentes ligandos o sea moléculas capaces de complejarlo, de las cuales dispone la espora. Los resultados que hemos obtenido, permiten asumir que una parte del cobre que penetra al interior de la espora va a parar a los mitocondrios, los cuales son los centros en que se desarrolla el denominado ciclo de Krebs o del ácido cítrico, el que proporciona la energía necesaria para el arranque del proceso de germinación de las esporas.
- G. Ya en el mitocondrio, iones de cobre (Cu^{++}) son capaces de oxidar grupos tiol (-SH) de cadenas de cisteína de enzimas convirtiéndola en cistina, a la cual se fijan iones de cobre (Cu^+). Se produce así un bloqueo de dichas enzimas. Pero además cuando ocurren estos fenómenos, el cobre cataliza la producción de formas activadas de oxígeno (radicales superóxido) y también el daño localizado que el superóxido ocasiona a la molécula de la enzima.
- H. Tenemos por lo tanto, de acuerdo con estas observaciones, por lo menos dos efectos del cobre sobre las esporas. Una inhibición reversible que corresponde al bloqueo enzimático causado por la oxidación de los grupos tiol y la fijación del cobre a la forma oxidada de dichos grupos y otro tipo de inhi-

bición, que podemos llamar no reversible, la cual es el resultado de daño a la molécula de la enzima, causado por derivados del superóxido y también catalizado por el cobre.

- I. De estas investigaciones resulta que efectivamente ciertas enzimas del ciclo de Krebs, las cuales por una parte tienen grupos -SH y por la otra son dependientes de otro metal de transición para su actividad (el manganeso). Parecen ser aquellas que al ser afectadas por el cobre, determinan su efecto global sobre la germinación. Esto no significa que éstas sean las únicas enzimas perjudicadas sino que son las determinantes en la inhibición de la germinación de las esporas por el cobre.

Los resultados expuestos permiten sacar algunas conclusiones prácticas, por ejemplo, para el diseño de fungicidas más eficaces a base de cobre, se deberían utilizar compuestos liposolubles o también de moléculas suficientemente pequeñas, por la rapidez con la cual pasan al interior de las esporas. Habría que hacer predominante la inhibición no reversible. Llevar a la práctica estos dos principios conduciría a fungicidas de cobre más eficaces que los convencionales.

Desarrollo de nuevas tecnologías para el café

Desde el descubrimiento de la torrefacción casual o conciente de los granos de café, en los inicios de la historia de su consumo, éste se viene utilizando del modo convencional que conocemos hoy para la preparación de la bebida. La tardía llegada de la revolución industrial al campo del café o sea el paso de la torrefacción individual en casa, a la centralizada en grandes torrefactores a comienzos del siglo, o la utilización de la tecnología de las conservas, en la fabricación de los cafés solubles, no ha representado ningún cambio radical en los principios básicos de la tecnología convencional. Esta tecnología convencional no es adaptable a la evolución a que conllevan: problemas de la energía, de las aplicaciones de las Biotecnologías o de la creciente esperanza de calidad en los países más desarrollados.

Hoy en día la masa de granos de café después de la cosecha es transportada, secada, almacenada y extraída, todo esto para descartar hacia el final de tan compleja serie de operaciones, en la extracción, cerca del 70% de la masa inicial, porque para la preparación de una buena bebida de café, máximo el 30% de la masa de los granos es utilizable. Esto significa que el 70% que va a ser desechado recibe un aporte de energía, trabajo y cuidados que se van a desperdiciar.

Las nuevas tecnologías que propone el Laboratorio de la Federación de Cafeteros son aplicables a unos cafés instantáneos que aunque tecnológicamente factibles, hoy en día no son una realidad completa.

Para prepararlos se parte del café seco de agua, el cual se muele y extrae con agua caliente, obteniéndose un extracto de café verde. Este extracto líquido de café verde se deshidrata por medio de algún método apropiado, para producir un extracto seco de café verde.

Después de una torrefacción sofisticada de este producto se tiene un extracto torrefactado de café verde, el cual se comporta como un café soluble y debe superar en calidad al extracto seco de café torrefactado. Es decir, hablamos de lo que podía denominarse un "su-

per" café soluble, el cual además de la facilidad de preparación de la bebida, debería tener en la taza el aroma y el sabor del mejor café. La gran ventaja de esta vía, es la de permitir descartar al comienzo y no al final del laborioso proceso a que se somete el café, ese 70% de material de relleno que es prácticamente un desperdicio.

Les ha sido presentada a ustedes una somera imagen de las actividades del Laboratorio de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, en la cual se conjugan proyectos y labores relacionados con el presente y otros que tienen que ver con el futuro. Porque indudablemente, la investigación científica es la herramienta por excelencia para enfrentarse a los problemas del presente y sobre todo, para preparar la solución de aquellos del futuro, también en el mundo del café.