

“EQUILIBRIO DE HUMEDAD” EN EL CAFE PERGAMINO

Seminario dictado en los salones de la Biblioteca del Centro Nacional de Investigaciones de Café por el Ing. Químico Mario López A. el 28 de abril de 1952.

Estado de equilibrio.—Por estado de equilibrio, en cualquier sistema, entendemos el balance de dos o más fuerzas, en un momento dado. En mecánica, a la acción se opone la reacción con una fuerza idéntica y contraria. Cuando la reacción es insuficiente para contrarrestar la fuerza impulsora, se rompe el equilibrio y el cuerpo se mueve tendiendo, con su desplazamiento, a anular la sobre-fuerza.

Igual cosa sucede en todos los regímenes que operan en el Universo. Las reacciones químicas, los diversos efectos físicos, los biológicos, y aún los fenómenos sociológicos como oferta y demanda, tienden a equilibrar sus fuerzas en todo momento.

Un sistema en equilibrio permanecería en estado de completo reposo si ningún efecto extraño obrara sobre él. Mas, como el principio que rige el Universo es la continua mutación de condiciones a través de la variable tiempo, ese estado de reposo absoluto técnicamente es inadmisibles.

Sentadas estas bases de continuo cambio en un sistema para contrarrestar los efectos externos y conservar su igualdad de fuerzas, podemos considerar, como ejemplo clásico en la mecánica natural, el fenómeno fi-

sico-químico del equilibrio del agua en sus diversas fases. Las moléculas de agua oponen a los cambios de presión y temperatura sus tres estados, sólido, líquido y vapor. Si nos concretamos a los fenómenos naturales en los que podemos considerar la presión como constante, ya que los cambios en un lugar determinado son de poca significación, se simplifica el problema al influjo de una sola variable exterior, la temperatura.

Este equilibrio en condiciones isobáricas nos abre un camino realmente fácil para comprender los cambios que ocurren en el sistema agua-vapor dentro del binomio vegetal-ambiente, a través de la variable tiempo,

El agua en los vegetales.—Los productos vegetales tienen, como parte intrínseca de constitución, un alto contenido de agua. Ella cumple fines importantísimos en la formación de cada una de las partes de la planta. Sirve como vehículo de los compuestos, minerales y orgánicos, que la forman. Sirve también como regulador de la concentración de estas sustancias nutritivas en los distintos órganos y como amortiguador de los cambios de temperatura motivados por las variaciones climáticas del lugar donde crezca. Conocemos los fenómenos de transpiración y absorción que la misma planta rige, y con los cuales se defiende de las fuertes variaciones de humedad o sequía, de frío o calor. Ocupa pues, el agua, un sitio de importancia en el desarrollo y constitución de las plantas, y por lo tanto todo balance que pretenda hacerse de los constituyentes de un vegetal o de uno de sus órganos, durante un lapso de tiempo determinado, estará íntimamente relacionado con las variaciones que, en cantidad de agua, rijan el binomio vegetal-ambiente.

Estudiaremos en este trabajo el comportamiento del agua, ante fluctuaciones de ambiente, del fruto del café en pergamino de la variedad arábigo común, el tipo de café más ampliamente difundido en nuestro medio.

El agua en el café pergamino.—En la mecánica cafetera existen condiciones incontraladas que juegan un papel de especial importancia, desde el punto de vista comercial. En un examen visual del grano, su buena apariencia, síntesis de varios factores como son el color, el tamaño y la conformación del grano, da la tónica de su aceptación en el mercado. Tienen estas cualidades un valor altamente significativo ante los ojos de compradores y consumidores. Después de valorado y catalogado en categorías de aceptación según la demanda, se procede a darle el precio que a esa demanda corresponda. El artículo de óptimas cualidades acusará un buen precio de venta. Es aquí donde viene a actuar un factor muy a menudo incontrolado y que hará fluctuar, a favor o en contra del vendedor, el valor de su mercancía.

Al grano de café de una calidad dada se le fija un precio por unidad de peso, o sea un precio que depende de dos constantes: calidad y peso. Así se dice, el café tipo Manizales excelso tiene un precio de (A) pesos por arroba. En la primera constante, calidad, están comprendidas, entre otros, los grados de aceptación antedichos. En la segunda constante, peso, ya sean arrobas, kilos, toneladas, van envueltos los constituyentes del grano, los cuales se consideran invariables. Pero ocurre que este segundo factor, que se toma como constante, cambia momento a momento, a veces en forma muy leve y otras muy pronunciada, dependiendo su variación de las fluctuaciones ambientales del lugar o lugares de depósito de la mercancía. La diferencia de peso entre dos pesadas del mismo lote de café, con un intervalo de tiempo dado, se debe a la pérdida o ganancia de humedad del grano, motivada por el cambio en las condiciones del clima, hacia el más seco y cálido en el primer caso, y hacia el más húmedo y frío en el segundo caso. Por consiguiente, el factor peso del producto únicamente puede considerarse cons-

tante para un corto periodo de tiempo, en una localidad determinada.

Esta misma reflexión puede hacerse también respecto al secado incorrecto del grano. Al pequeño cafetero muy a menudo le exige su acreedor de turno, bien sea el fondero vecino o un intermediario avisado, el grano de café bien seco al sol, o sea muchas veces en un estado que podemos definir como sobre-secado. Esta exigencia que va en detrimento del mismo productor, como lo veremos más adelante, es una nueva utilidad para el comprador que, con mayores recursos económicos que el pequeño cafetero, puede almacenar el grano durante el tiempo suficiente para que el café equilibre su humedad con el ambiente, o sea recobre parte del peso perdido por el sobre-secado. Este aumento de peso irá en beneficio del interventor y en detrimento del pequeño cafetero, como un nuevo tributo que éste rinde al cultivo del café.

Factores que operan en el secado del café pergamino.—Son dos los factores principales que operan en el secado del grano de café pergamino: la constitución misma de éste, y las características artificiales o naturales del ambiente.

El grano de café pergamino forma un conjunto heterogéneo, como cuerpo individual del secado. Está compuesto del grano en sí, con su cutícula delgada o espermoderma que lo recubre, constituyendo el 90,5% en peso del café pergamino; luego, una capa de aire entre el grano y el pergamino; y por último esta capa cartilaginosa.

Cada una de estas tres partes presenta características de constitución peculiar. El grano en sí, o almendra, forma un conjunto que podemos considerar homogéneo, con características higroscópicas determinadas. A mayor humedad y menor temperatura, el grano pone en acción su fuerza higroscópica y tiende a absorber el agua del ambiente. Esta fuerza de higroscopicidad de la almendra está atemperada por las dos

capas que lo recubren, o sea por la delgada capa de aire y por la cubierta de pergamino, cuyo poder higroscópico es mucho menor. Por lo tanto, el humedecimiento o secado del grano de café pergamino ante variaciones de ambiente, se efectúa en forma muy lenta.

Secado bajo diferentes condiciones de ambiente.—Es indudable que a mayor diferencia entre las condiciones del ambiente y del café pergamino, el trabajo de éste último por equilibrar su constitución de humedad es más acentuado y se observa fácilmente por el cambio, en peso, de un lote de café dado.

El Gráfico N° I muestra objetivamente las anteriores observaciones. Se tomaron, replicadas, cantidades de café pergamino recién despulrado y lavado, o sea café pergamino "escurrido". Se sometieron a tres clases diferentes de secado: al aire, a 60°C y a 105°C, en estufa.

La curva de secado al aire nos indica una evaporación lenta de la capa de agua que recubre el grano recién lavado. En ella podemos considerar que ha ocurrido un secado únicamente superficial, durante las 24 horas de control.

La segunda curva, secado a 60°C, nos muestra un cambio más pronun-

ciado en el peso, con una inclinación menor a las 9 horas de iniciado el secado. Esta menor inclinación de la curva de secado corresponde a la abscisa 3 horas en la curva "secado a 105°C".

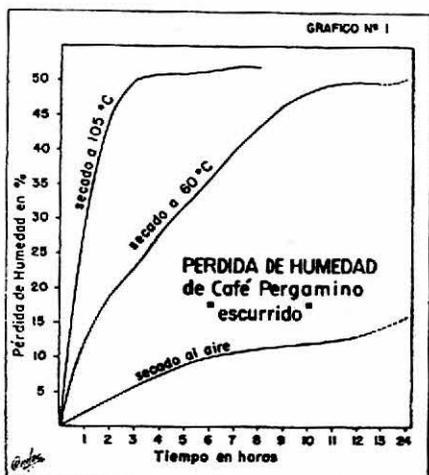
Podemos dividir la humedad del grano escurrido, como constituida por una parte de agua libre, 48 a 50% a temperaturas de 60 y 105°C respectivamente; una segunda parte, 2%, de agua de constitución, más difícilmente removible; y por último por una tercera parte de agua muy difícilmente removible o agua de composición que está ligada en forma muy estrecha con los compuestos orgánicos del fruto. Cuando se habla de grado de humedad se sobre entienden las dos primeras fases.

El secado como fenómeno físico, desprendimiento de agua en forma de vapor, es el que nos muestra el gráfico que se estudia. Al cabo de 8 y 24 horas se ha conseguido el secado máximo posible a temperaturas de 105 y 60°C respectivamente, en tanto que a las 24 horas en condiciones naturales, está lejos de alcanzarse este punto. Se hace necesario un secado artificial para conseguir un rápido producto final, sin peligro de fermentación del café, por humedad excesiva.

Peligros de un sobre-secado.—Pero lo que no nos muestra el gráfico anterior son las variaciones químicas que sufre el producto con las fuertes temperaturas de secado. Las características más valiosas en un café son su sabor y su aroma. Ambas pueden perderse, en parte, con un secado antitécnico.

Como regla general podemos decir que, a mayor cantidad de agua libre en el producto, la temperatura de secado debe ser más baja. Esta regla nos parece un tanto paradójica, pues sabemos que la expulsión del agua por evaporación está en razón directa con la cantidad de calor dado al sistema.

No obstante, si analizamos la función que está ejecutando el agua libre en el café pergamino, podemos hacernos las siguientes reflexiones:

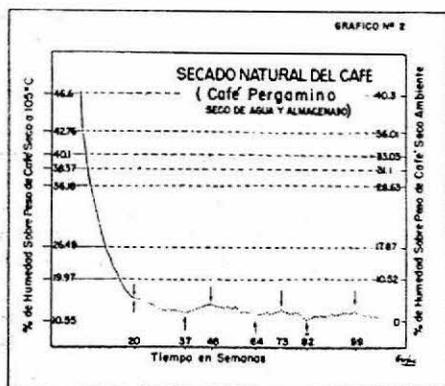


El agua en el grano está ejerciendo una acción disolvente de las sustancias fácilmente solubles del mismo. Al aplicarle calor a un grano demasiado húmedo, la temperatura del agua aumenta considerablemente y su acción de disolución se hace mayor. El agua, por efecto del calor absorbido y de la diferencia de temperatura entre la superficie externa del grano y su parte interna, efectúa un movimiento de translación de adentro hacia afuera, con el consiguiente arrastre de las sustancias disueltas en ella, y su concentración en la capa superficial. El agua de la superficie del grano, al evaporarse, arrastra parte de las sustancias que ha transportado del interior. El mismo calor de la superficie es suficiente para volatilizar compuestos aromáticos de bajo punto de ebullición.

A medida que el café va perdiendo su agua de capilaridad, el arrastre de las sustancias fácilmente solubles en agua caliente va siendo menor, pudiéndose entonces elevar lentamente la temperatura de secado.

Esta es la razón por la cual un secado antitécnico puede ser la causa de la pérdida de gran parte de los compuestos orgánicos que le comunicarán el sabor y el aroma al producto elaborado.

Secado natural del café pergamino.—Cómo se comporta el café pergamino "escurrido", durante todo el proceso de secado natural? El Gráfico

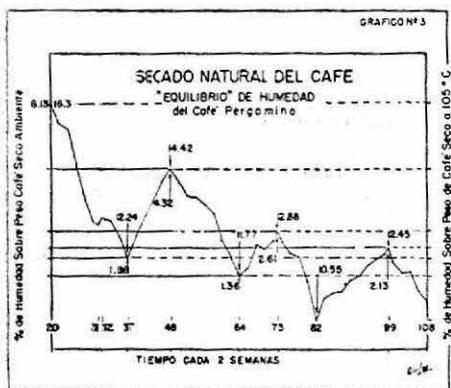


Nº 2 muestra la variación de la humedad durante 108 semanas de observación. La curva es el promedio de diez repeticiones, en total 1080 determinaciones. Las ordenadas de la izquierda corresponden a valores de humedad con base en café seco a 105°C. Los valores de la derecha son humedades de café pergamino con base en la pesada de la semana Nº 82, la cual correspondió al peso mínimo observado. La humedad ambiente de esa muestra se tomó como "humedad cero". Los valores escritos en los dos ejes de ordenadas corresponden a las pesadas de las semanas 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 y 82. La doble flecha en la semana 20 indica el comienzo del equilibrio café pergamino-ambiente. Hasta la pesada 20, el café fue perdiendo la humedad superflua que había adquirido en el proceso de despulpado con agua.

Durante las primeras 20 semanas no hubo fluctuaciones de humedad que indicaran alguna relación entre estas fluctuaciones y los cambios en las condiciones ambientales. El secado durante ese tiempo motivó una reducción del peso cada vez más pequeña, por la translación cada vez más lenta de la sobre-humedad del interior del grano a su superficie; de allí a la capa de aire; de ésta al pergamino, y por último al ambiente.

La curva, de la pesada 20 en adelante, pierde su regularidad, por entrar en juego el "equilibrio de humedad" entre el café pergamino y el ambiente. La diferencia en peso entre dos observaciones consecutivas a veces indica que el café toma humedad de la atmósfera en épocas de invierno. No obstante, la curva, en general, sigue rebajando hasta llegar a la pesada 82, o humedad cero-ambiente.

El Gráfico Nº 3 muestra en escala más clara estas variaciones después de la pesada 20. Los datos sobre la línea corresponden al eje de ordenadas de la derecha "% de humedad sobre peso seco a 105°C". Los datos bajo la línea, al eje de la izquierda "% de humedad sobre peso seco am-



ambiente" este último dato con base en la pesada 82. Los puntos superiores de la curva corresponden a los últimos días de las épocas de invierno, y los inferiores, al término de épocas de verano. Es evidente que las variaciones de ambiente desplazaron el equilibrio de humedad e hicieron fluctuar en forma irregular la humedad del café pergamino.

Equilibrio Café Pergamino-Ambiente.—Con qué grado se reflejan las variaciones de ambiente sobre la humedad del café pergamino? El Gráfico Nº 4 muestra las características del ambiente durante 18 días, y las humedades respectivas del café pergamino. Se tomaron lotes de café con 112 semanas de secado natural. Se emplearon, para las mediciones meteorológicas, un sicrómetro, un termógrafo y un higrógrafo, y con sus lecturas se construyeron las curvas de temperatura ambiente, humedad relativa y tensión de vapor, utilizando los promedios diarios de las lecturas anotadas durante los 18 días de observación. Para la elaboración de este gráfico contamos con la gentil y valiosa colaboración de la Sección de Meteorología del Centro.

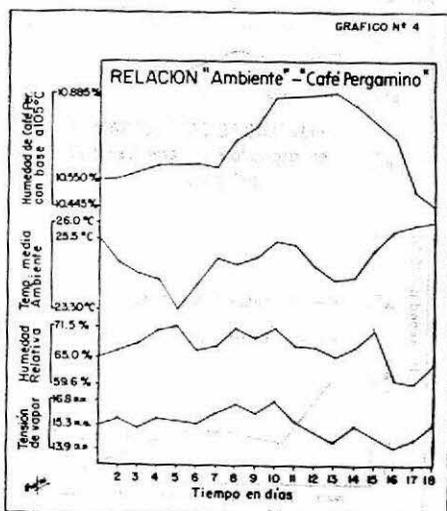
Un examen rápido de esta curva nos indica lo siguiente: Se nota una relación directa entre la curva ascendente de la humedad del grano entre los días 7 y 13, y la curva 1-5 de la humedad relativa, y una relación inversa de esta misma curva con

la de la temperatura ambiente entre los días 1 y 5.

La curva ascendente de la temperatura ambiente y la curva descendente de la humedad relativa desde el día 5 en adelante, indican época fuerte de verano. Este verano se viene a reflejar en la humedad del grano más o menos 6 días después de presentarse, o sea entre los días 11 y 13 de estabilidad del grano y los días siguientes de rápida disminución de humedad.

Las anteriores observaciones demuestran que, aunque las variaciones ambientales ejercen influencia inmediata en el "equilibrio de humedad" del grano, en éste existen varias fases de equilibrio interno, entre pergamino capa interna de aire, capa interna de aire-interior de la almendra y entre el exterior y el interior de ésta, que hacen que la variación del clima empiece a hacerse notoria solamente 6 o 7 días después de presentarse.

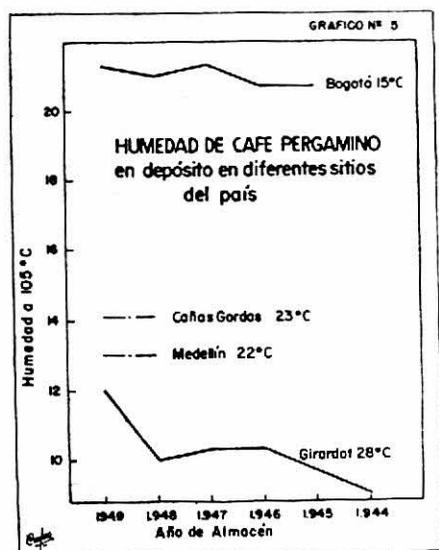
De los tres últimos gráficos hasta ahora estudiados podemos deducir que una vez alcanzado el equilibrio primario, o sea cuando ya se nota la interrelación de variaciones de ambiente con la humedad del grano, éste adquiere cierto grado de estabilidad en su peso. Las fluctuaciones a veces



extremas de ambiente provocan variaciones en la humedad y por ende en el peso del café pergamino que podemos catalogar como secundarias. El comportamiento del grano ante estas fluctuaciones del medio no se puede analizar con un criterio muy estricto, porque a menudo el poco tiempo de la variación ambiente solo alcanza a perturbar los estados de equilibrio exteriores del grano.

Café pergamino almacenado.—Qué utilidad tendrían estos estudios para aplicarlos a controles de compra y venta de café pergamino y su almacenamiento en diferentes localidades? El Gráfico N° 5 nos muestra, a grandes rasgos, la positiva utilidad de estos datos. A Bogotá, con 15°C de temperatura media, le corresponde una humedad para café pergamino, variedad arábigo común, de más de 21%, en tanto que para Girardot, con 28°C de temperatura media, la humedad es solamente de un 10%.

Otra deducción muy significativa es la disminución constante de la humedad de un año a otro de almacenamiento. Las pesadas y las determinaciones de humedad se hicieron en el mismo tiempo para todos los lotes de café. Esa disminución indica



una posible pérdida, no recuperable, de 1, 2 o 3 por ciento del peso del producto, debida quizá a lentos cambios químicos en la constitución del grano almacenado.

Conclusiones.—Sirvan estos datos para mostrar cuán útil puede ser un estudio más extenso del comportamiento del café almacenado respecto a las condiciones ambientales de los diferentes sitios representativos del país, donde existan almacenes de depósito para exportación o para consumo interno.

También, con el objeto de establecer controles de la soterrada especulación con que a menudo se agobia al pequeño cafetero, a quien con frecuencia se le exige el café sobre-secado, con las naturales mermas en peso de su producto y por ende de su valor comercial.

Y también para fijar normas prácticas de secado como medida efectiva para salvaguardar las condiciones naturales del café, el cual, por secado muy rápido o por sobre-secado, desmejora en su sabor y aroma, al perder, por estos procesos antitécnicos, compuestos orgánicos volátiles que le comunican a la bebida su buen gusto y su aceptable palatabilidad.

Mario López A.

Bibliografía:

- Perry L. J.—Chemical Engineers' Handbook 1083-1093 y 1478-1489. 1941.
- Tosello André.—Ensaio sobre a secagem dos produtos agrícolas, en *Bragantia* Vol. 6 N° 2 1946.
- Anónimo.—Archivo de la Sección de Química Analítica. Centro Nacional de Investigaciones de Café. 1949, 1950, 1951 y 1952.
- López A. Mario.—Informe sobre el Estudio Preliminar del Equilibrio de Humedad en el Café Pergamino. Noviembre 1950. Inédito.
- Crafts, Currier, Stocking - Water in the Physiology of Plants. 1949.