



Ex3:2

Phone. +64 3230 4525  
E-Mail. [renertech@xtra.co.nz](mailto:renertech@xtra.co.nz)  
VoIP [renertech@skype.com](mailto:renertech@skype.com)  
Web. [www.coffee.20m.com](http://www.coffee.20m.com)

**RENERTECH.**  
**Renewable Energy Sources.**  
**Technology For Rural Development.**  
**Electronics for Agricultural Efficiency.**

183 Drysdale Road.  
R.D.2.  
Invercargill. 9872  
New Zealand.

Dated. 11-5-08.

## La Microbiología del Proceso del Café

Primera parte de una serie de 4, publicadas en la Nota PNGCRI sobre Investigación de Café

De 1998-2002

Ken Calvert, Ex. Investigador Científico Principal.

Departamento de Procesos., C.R.I., Papua Nueva Guinea.

### CAPÍTULO 1

Por varias generaciones, procesar cerezas de café a “granos verdes” de calidad ha sido un arte y no una ciencia. Esto se realizaba siguiendo reglas de higiene y normas básicas de libros de cocina, manteniendo todo extremadamente limpio y siguiendo el método que nos había enseñado nuestro predecesor, o el que se leía en ‘Wellman’, ‘Sivetz’ o ‘Wilbeau’. Fue hace menos de cuarenta años que los científicos de la EAIRO (Organización de Investigación Industrial de África del Este, por sus siglas en inglés), combinaron las instalaciones de investigación de los países productores de café de África, y comenzaron a redactar que la fermentación del mucílago del café no era solamente una reacción química que sucedía, sino que todo estaba controlado por microorganismos, y por las enzimas que estos producían. Y hoy, a pesar que han transcurrido cuarenta años, este conocimiento aún no se ha logrado incluir en libros de texto sobre café. La única reacción inmediata que se obtuvo fue que aparecieron en el mercado enzimas pectolíticas tales como Cofepec y Ultrazym. Sin embargo, estos productos no fueron investigados ni diseñados para fermentar el café rápidamente; fueron nuevas formas de “empacar y etiquetar” productos que ya existían en los anaqueles de las empresas químicas, diseñados para otros propósitos tales como aclarar la cerveza y el jugo de manzana y por lo mismo con precios acorde a estas necesidades. Se comentará más sobre el asunto más adelante.

#### **Virus, Bacterias, Moho y Levaduras**

Todos conocemos los procesos de suavización, fermentación, pudrimiento o putrefacción y enfermedades causadas por los diversos microorganismos que usualmente pueden

clasificarse dentro de las cuatro categorías mencionadas anteriormente. Sin embargo, en cuanto a la producción de café, los virus, los más pequeños, pueden ignorarse. A las bacterias, segundo tipo más pequeño, les gusta vivir y trabajar en lugares húmedos o líquidos, y en condiciones óptimas, cada una se dividirá y se duplicará en número cada 15 o 20 minutos. Son precisamente ciertas clases de bacterias las que necesitamos para fermentar el café de calidad.

Apenas un poco mayores en tamaño que las bacterias y un poco menos veloces para reproducirse, alrededor de 30 minutos por generación, encontramos la próxima categoría: las levaduras. Para aquellas personas que preparan su propio pan casero, la levadura aparece en forma de masa, como una pasta sólida, o como granos secos que se dispersan en la masa para lograr un tipo de sedimento. Las células individuales de la levadura están justo en el límite de la vista humana. Si las condiciones no son óptimas para que las bacterias se reproduzcan rápidamente, entonces generalmente las levaduras toman acción. Y esto representa muchos problemas para quien procesan café.

Las levaduras, antes que todo producen alcohol, pero por su dieta de mucílago y no de azúcares, también producen mayores cantidades de varios aldehídos y cetonas, lo cual en términos de alcohol representa “bouquet”, y en términos de café representa el sabor “frutoso”. Entonces, como todos sabemos, si se deja en fermentación demasiado tiempo, el alcohol se convierte en vinagre y el resultado es café amargo.

Los microorganismos de mayor tamaño son los mohos u hongos. Todos conocemos la textura blanca parecida al algodón que se encuentra en frutas o en pan viejo. Después de algunos días, lo que antes era blanco se convierte en negro, verde o en diversos tonos de rojo y amarillo mientras el moho produce miles de millones de esporas de colores, las cuales con un poco de viento se dispersan en la atmósfera y pueden viajar por varias millas antes de quedarse estacionarias. El hecho de que tome 3 o 4 días para que las esporas de moho germinen, crezcan y se reproduzcan, implica que en cualquier lugar en el cual las condiciones sean adecuadas para que las bacterias y las levaduras se reproduzcan, los mohos sencillamente no pueden competir. Todavía siguen existiendo en las mismas cantidades pero sencillamente no se ven.

### **¡Están en todas partes!**

No son solamente las esporas de moho las que pueden viajar. Cuando esas condiciones húmedas e ideales para las bacterias y levaduras disminuyen y el ambiente se torna más seco y menos habitable, estos dos microorganismos entrarán a un estado de hibernación y producirán esporas sumamente resistentes; igual que los mohos. Cualquier pequeño movimiento de aire a través de un jardín o plantación acarreará millones de estos embriones microscópicos que quedarán capturados en la superficie pegajosa de las frutas maduras. La mayoría de estas esporas pueden venir de la tierra misma y son en realidad una parte intrínseca del polvo. La tierra húmeda, oscura y saludable tiene millones de microorganismos por centímetro cúbico. En un ambiente húmedo y caluroso, tomará solamente unos minutos y una cubeta o bolsa con cerezos dañados que chorrean jugos azucarados para crear una gran cantidad de enzimas que generan esporas de todo tipo, cada una ansiosa por vencer a las otras y por tomar control de la situación y reproducirse antes que las demás.

Por lo mismo, en realidad no tiene punto tratar de mantener una fábrica sumamente limpia, aunque la higiene básica siempre es deseable, porque todos los organismos, tanto buenos como malos están en el cerezo mismo; es un equilibrio dinámico esperando suceder.

## **Obteniendo la Fermentación Correcta**

Para la buena fermentación, el tipo de organismos que se espera que se multipliquen más y que venzan a los demás son los que pertenecen a las familias siguientes: Erwinea, Kliebsiella y Bacilos; estas causan pudrimiento y descomposición. Una vez que la cáscara de la cereza se ha roto, entonces la firme textura del fruto es destruida por enzimas líquidas tales como saliva bacteriana, y los organismos pueden repartirse rápidamente a través del ambiente líquido que han creado para ellos mismos. El hecho de eliminar la cáscara y exponer el mucílago en el proceso de despulpado del café no hace más que acelerar el proceso.

En este punto también debo comentar sobre el “nuevo” método de procesar café: el semi-lavado iniciado por los países Sudamericanos como un paso adelante del antiguo método seco, en el cual los cerezos se dejan secar y la cáscara y pulpa secas se remueven en una sola operación. Con el sistema de semi-lavado, los cerezos se despulpan y luego en vez de la fermentación tradicional, el mucílago se remueve por un proceso de abrasión mecánica en un desmucilagador. Este proceso incrementa la velocidad para transformar el café, pero no elimina el mucílago de las hendiduras y particularmente de la hendidura central. Esta hendidura central, que está expuesta durante el proceso de tueste, es la que los compradores de café verifican para determinar la calidad; y el mucílago seco que encuentran en esta contamina el café. Si bien es cierto que este método es una gran mejora comparado con el método seco, todavía está muy atrás de un método por el cual el café se fermenta y se lava totalmente, sobre todo en términos de suavidad y calidad. Sin embargo, lo que se puede hacer es almacenar la pulpa por algunas horas para permitir que las bacterias ingresen a la hendidura central, lavar y luego secar, para compensar cualquier pérdida de calidad.

Hoy son de gran importancia las despulpadoras “ecológicas” que se producen también en Sudamérica. Estas máquinas sí ahorran agua y también reducen la polución en términos de desechos tirados al agua. Sin embargo, éstas máquinas no eliminan los azúcares solubles de la pulpa. Esto incrementa el valor de la pulpa y permite que se convierta en alimento animal no tóxico; esto se discutirá en el último capítulo en el cual se habla sobre tratamiento de desechos. También discutiremos la acumulación de color en el agua de despulpado, lo cual no causa ningún daño en esta fase, aunque el agua reciclada tenga una apariencia negra.

## **Enzimas**

Una parte de la confusión que se daba anteriormente en las mentes de los investigadores era que en el proceso normal de maduración, todas las frutas producen sus propias enzimas pectolíticas, las cuales suavizan el fruto conforme este madura. A pesar que estas enzimas “naturales” actúan junto con las enzimas bacterianas, lo hacen mucho más despacio y en condiciones distintas. La parte interna de las frutas intactas es anaeróbica por lo que las enzimas naturales de las frutas tienden a actuar mejor bajo agua. El tema de la cinética de las enzimas, que descubrió la velocidad a la cual varios sistemas de enzimas pueden reaccionar y funcionar, fue un gran descubrimiento y se ha utilizado mucho relacionado con los microorganismos para lograr una fermentación de calidad. Las enzimas bacterianas pectolíticas que surgen en la superficie del fruto actúan mucho más rápidamente en condiciones aeróbicas, o donde hay oxígeno disuelto en el agua. Las enzimas de levadura son un tanto ambivalentes, pero tienden a preferir condiciones anaeróbicas. Por lo mismo, si fuera necesario seguir fermentando el café bajo agua por otros motivos, entonces no se

debe dejar el agua estancada por más de algunas horas, entre 7 y 8 como máximo. El contenido de oxígeno disuelto en el agua es vital.

### **¿Qué es una enzima?**

Una enzima es un catalizador biológico, un complejo químico orgánico que permite que otros químicos reaccionen o cambien pero que no se gasta ni convierte. Por lo mismo, incluso una pequeña cantidad de cierta enzima puede seguir funcionando una y otra vez creando cambios con bajos requerimientos de energía y sin ningún esfuerzo aparente. Dependiendo de su origen, las enzimas difieren según sus condiciones de trabajo. Hemos discutido ya sobre los niveles de oxígeno o el ambiente de funcionamiento aeróbico o anaeróbico; y los otros dos factores importantes son la temperatura y la acidez.

### **Un vistazo a la temperatura**

Como regla general para un químico biólogo, entre 0 y 50 grados centígrados existen la mayoría de seres vivos; y un incremento de 10 grados prácticamente duplicará la velocidad de cualquier reacción química. Así que entre mayor sea la temperatura del agua, más rápidamente se fermentará el café. Si fuera posible que el agua utilizada para el beneficiado de café esté entre 24 y 25 grados centígrados, entonces el café podría fermentarse en menos de 12 horas. La manera más fácil de lograr esto es reciclar el agua. El agua del despulpado no puede utilizarse para otras cosas, ni tampoco puede reciclarse por más de 2 o 3 horas. Cada gota de agua que se recicla para despulpar es esa cantidad de agua limpia que fue ahorrada.

Sin embargo, y más importante es el hecho que al recircular el agua, tanto la temperatura como la concentración de enzimas incrementan y no importa a qué hora se termine de despulpar, siempre y cuando sea antes de media noche, se puede lavar en la mañana. A pesar que el despulpado se inicia con agua fría, la primera tanda se hunde al fondo del tanque; y el agua más tibia que entre posteriormente hará que el agua tibia se drene hacia abajo e incrementa la temperatura para que esta sea la misma en todo el tanque. Sin embargo, si el tanque es demasiado profundo, a pesar de drenar constantemente el tanque, las condiciones pueden volverse anaeróbicas en el fondo del tanque y la fermentación normal se dará más lentamente. Al recircular constantemente el agua, la que está llegando al fondo del tanque tendrá oxígeno disuelto suficiente para que las enzimas sigan funcionando hasta en el fondo del tanque.

Dejar que el café despulpado se solidifique en el tanque, hará que las bacterias funcionen más lentamente y que las levaduras las remplacen, lo cual provocará un sabor frutoso en el café. La fermentación prolongada, medida en días más que en horas, generalmente es causada por un problema de temperatura; pero la acidez y la falta de oxígeno también pueden ser factores importantes. Si la pulpa fermentada que se ha endurecido se lava, es decir que se pasa de un tanque a otro regándolo con agua, de preferencia tibia, entonces la mezcla recibirá aire de nuevo y el mucilago podrá drenar una gran parte de la acidez; en este caso las bacterias ganarán su batalla contra las levaduras y la fermentación normal volverá a iniciar.

### **La utilización de agua tibia**

Una buena manera de ventilar el agua y a la vez calentarla es bombear agua limpia temprano en la mañana y pasarla por un techo, de preferencia pintado de negro, y luego bajarla a algún tipo de tanque. De ahí en adelante se puede utilizar los sistemas de bombeo

tradicional y recircular el agua hasta que se haya finalizado el despulpado. A partir del momento que el café es cosechado y con el calor del día, este generalmente tiene aproximadamente 25 grados centígrados cuando llega a la fábrica; esto es causado en gran parte por la intensiva fermentación bacteriana. La intención en este momento debería ser mantener la temperatura lo más estable posible. Es aquí cuando la antigua idea tradicional de utilizar agua fresca y limpia, recién salida del río y utilizarla únicamente una vez a través del sistema, se vuelve totalmente obsoleta. ¡Recicle, recicle, recicle! Sin embargo, después de 2 o 3 horas, o cuando se haya finalizado con el despulpado, esa agua melosa y con color oscuro debe descartarse. Adicionalmente, cualquier tanque, canal o tubería que haya estado en contacto con el agua debe limpiarse totalmente al final del día. De no hacer este procedimiento correctamente, se irá creando una capa de mucílago firme en la superficie de estas cosas. Esta acumulación será una protección “capsular” para las bacterias que la hicieron. Todo beneficio grande debería poder adquirir una máquina que lava a presión para poder contrarrestar este efecto.

Para el próximo día, el agua usada no solamente se habrá convertido en vinagre, pero también será anaeróbica y por lo mismo ciertas bacterias malignas tales como las de la familia Clostridium se habrán comenzado a multiplicar. Clostridium generalmente se traduce en “sabor a cebolla”.

### **Fermentación y Acidez**

Las enzimas que degradan la pectina de las bacterias únicamente pueden funcionar en condiciones neutras; es decir a un PH alrededor de 7. En contraste, las enzimas pectolíticas de levaduras, hongos o mohos prefieren condiciones más ácidas. Por lo general, las causas comunes de una fermentación muy lenta o interrumpida son temperaturas demasiado bajas, acidez alta y condiciones anaeróbicas. Entonces, un tanque de café que ha dejado de fermentar se convierte en la base ideal para utilizar “Ultrazym”, que funciona mejor con un PH de 5. Si se utiliza con PH7, su efectividad se reduce a la mitad. (vea Figura 1). Con una cantidad sorprendentemente pequeña, de menos de la mitad de un paquete de 50 Mg. que cuesta alrededor de US\$10, si se mezcla bien con hasta 20 toneladas de café, bombeando la mezcla de un tanque a otro, realmente hará maravillas en las próximas 2 a 4 horas, dependiendo del último factor importante: la temperatura. PH es la medida química de los ácidos y alcalinos y representa un número logarítmico. Es decir que un PH de 5 es 10 veces más ácido que 6 y 100 veces más ácido que un PH 7, que se considera neutro. El agua pura tiene un PH de 7 y más allá de eso, es decir 8, 9 o 10 se trata de un alcalino muy fuerte.

### **Preparando sus propias enzimas**

Las enzimas son los catalizadores biológicos que utilizan los seres vivos para hacer que suceda la bioquímica. Sus nombres generalmente finalizan con el sufijo “asa”. Sin embargo, estos catalizadores de acción precisa también necesitan condiciones precisas para actuar. Las enzimas bacterianas que descomponen el mucílago o la pectina requieren de un ambiente esencialmente neutro para funcionar; mientras que las enzimas comerciales como Cofepec y Ultrazym están hechas de hongos o mohos y como se puede observar en la figura 1, trabajan en ambientes ácidos. Lo que esto quiere decir es que un paquete de enzimas, tales como Ultrazym 50, son ideales para recuperar una fermentación que parece haberse arruinado, ya que esto funcionará aunque los niveles de acidez hayan incrementado y las enzimas bacterianas hayan dejado de funcionar. Sin embargo, al utilizar este tipo de enzimas en condiciones normales, o un PH de 7 y a temperatura ambiente, únicamente se logra una fracción de su efectividad. Para fermentar el mucílago del café, las enzimas bacterianas naturales son mucho mejores. Aunque en el mercado no existen

pectinazas de tipo bacterial, fabricarlas uno mismo es relativamente fácil.

A pesar que el proceso de despulpado normal es igualmente efectivo para este proceso, es una lástima desperdiciar granos de buen café cuando los granos vacíos, es decir los livianos o flotantes, son tan efectivos. El único problema es como obtener una cantidad adecuada de estos. Si no se cuenta con una máquina Aagaard, entonces quizá uno pueda cerrar el drenaje inferior y vaciar el tanque en el cual el despulpado está tomando demasiado tiempo para poder eliminar los flotantes con un rastrillo, una cubeta o algún otro sistema. En este momento el drenaje puede volver a abrirse para hacer que el agua circule a los despulpadores de nuevo. Se necesita aproximadamente una cubeta de flotantes para un tanque de fermentación muy grande.

Lo único que hay que hacer es llenar la cubeta de flotantes con agua, colocar una tapadera para que los sólidos permanezcan en el agua y así evitar las moscas, y luego dejar esto así por cinco días. En este momento debería ser posible quitar las costras de la superficie, drenar los sólidos que deben descartarse, y se debería tener aproximadamente media cubeta de un líquido transparente y amarillento, el cual está lleno de potentes enzimas bacterianas. Si el agua de despulpado está siendo reciclada, entonces esta mezcla puede integrarse a la misma. Esto ayudará a mantener una fermentación rápida incluso si el agua está fría.

Si el agua no está siendo reciclada, entonces esta mezcla debe diluirse bien para luego regarla encima de todo el tanque cuando el despulpado se ha completado, y luego esto debe drenarse a través de todo el tanque. Al utilizar cualquiera de los dos métodos, se logra la fermentación durante la noche, entre 6 y 8 horas, lo cual permite que se re-utilicen los tanques para el despulpado del próximo día. Este proceso puede duplicar la capacidad de un beneficio con espacios de tanque limitados. El único problema que puede ocurrir es cuando la mezcla se solidifica dentro del tanque.

## **CAPÍTULO 2**

### **SABORES Y TONOS DESAGRADABLES**

Durante la primera parte discutimos cómo se puede entender mejor el procesamiento del café, al analizarlo en términos de acción microbiológica. La carrera se da entre las bacterias, que hacen el mejor trabajo al deshacer el mucílago, y entre las levaduras y mohos que pueden continuar con el trabajo y que si no se lavan con el mucílago fermentado pueden causar defectos en el sabor del producto terminado. Para fomentar las bacterias benignas, el agua tibia (a más de 20 grados centígrados), el ambiente neutro y una buena cantidad de oxígeno son necesarias en todo el tanque de fermentación. A veces es confuso para quien hace este trabajo pensar que el café que está bajo agua tenga suficiente oxígeno, pero solo debemos pensar en los peces y lo bien que estos viven con 9ppm de oxígeno disuelto en el agua, y asegurarnos que lavemos el café y cambiemos el agua por lo menos una vez al día, para asegurarse que la cantidad de oxígeno disuelto siga siendo óptima. Sin embargo debemos reiterar que la acción más rápida se obtiene al permitir que el tanque se drene libremente y que el oxígeno de la atmósfera pueda filtrar a través de la masa, la cual debería tener espacios abiertos entre el mucílago. Una vez que se pierde ese espacio, el tanque se solidifica, el movimiento se pierde y la masa se vuelve anaeróbica.

#### **Sabor Frutoso y Café Agrio**

A pesar que las bacterias benignas puedan comenzar antes y empezar ganando la carrera de la digestión del mucílago, una vez que estas se inmovilizan o mueven más lentamente y que sus alimentos se gastan, entonces las levaduras pueden tomar su lugar y re-digerir el

mucílago soluble y convertirlo en alcohol. En términos tradicionales, las levaduras son quienes producen no solamente alcohol sino también toda la variedad de sabores afrutados que hacen que cada vino sea diferente. Si el café se lava, entonces este alcohol se remueve, y una nueva cantidad de agua con oxígeno hará que las bacterias sigan adelante en la carrera. Sin embargo, al dejar el café en los tanques de fermentación por demasiado tiempo, o al dejarlo solidificar, las levaduras tomarán la delantera, los sabores frutosos se establecerán y los alcoholes se convertirán en ácidos tipo vinagre lo cual se traduce en café agrio. El punto a tomar en consideración de todo esto es que el sabor frutoso no está ligado al tiempo, sino al hecho que la fermentación se haya completado o no. Si su café se fermenta completamente en 8 horas, entonces comenzará a tener un sabor frutoso a partir de 12 horas. Si su fermentación toma dos días, el sabor frutoso aparecerá a partir de dos días y medio. El sabor frutoso en su fase inicial aún puede lavarse; es decir que se tienen algunas horas de gracia. Sin embargo no hay lavado que recupere un lote de café sobrefermentado y produzca buen café pergamino.

### **Alcohol**

Como respuesta a la pregunta obvia, sí es posible fabricar un alcohol “potable” (relativamente) de mucílago y pulpa licuados. Sin embargo, debe separarse del grano lo antes posible y calentarse a tal punto que todas las bacterias y levaduras se destruyan, pero no en exceso ya que el mucílago se coagulará. Entonces, incluso al utilizar levadura buena, se producirá una pequeña cantidad (pero significativa) de metilo o “alcohol de madera”. Esto se da porque el mucílago del café tiene una proporción relativamente alta de metilo así como de etil azucarado en su estructura. El etanol es lo que nos gusta tomar, pero el metanol es lo que puede cegar a una persona en cantidades relativamente pequeñas, y solamente se requiere 50 mililitros para matar a una persona. El último factor a considerar es la dificultad para separar el metanol del etanol, y que es por eso que lo utilizan para desnaturalizar el metanol para usos industriales.

Cuando se pueda modificar al café de tal forma que produzca mucílago desmetilizado, de la misma manera que granos descafeinados, yo seré el primero en hacérselos saber. Hasta entonces, tendrá que seguir con estos dolores de cabeza.

### **Notas florales, vinosas y sabor a grama**

Al igual que los sabores frutosos, hay varias notas que pueden darse junto con una fermentación provocada por levaduras. Los alcoholes son más solubles en agua y suficientemente volátiles para removerse durante el proceso de lavado y secado; pero algunos son más aceitosos como los aldehídos, cetonas (aceites) y perfumados a base de químicos y estos pueden pasar a través del pergamino y disolverse dentro de los aceites del grano del café. Estos sabores aparecerán al momento de tostar el café. Cuando los compradores los desean, son buenos; cuando no los desean tratarán de reducir el precio.

### **Sabor a Cebolla**

Existe, por supuesto, una gran variedad de químicos orgánicos que pueden producir una gran cantidad de bacterias y levaduras. El sabor a cebolla, por ejemplo, surge cuando la relación entre azúcares solubles y pectinas menos solubles se vuelve muy baja. El crecimiento inicial de bacterias positivas se da por los altos niveles de azúcares presentes en el mucílago maduro. Sin embargo, si se está utilizando demasiada agua fresca para despulpado, o más particularmente si se utilizan los cultivos Aagaard, entonces la mayoría de estos azúcares solubles se lavan antes que se complete la fermentación, y las bacterias

positivas iniciales pueden ser reemplazadas no solo por levaduras pero también por otras bacterias que producen mayores ácidos, como los propiónicos y los butíricos, los cuales provocan el sabor a cebolla. De nuevo, estos errores pueden minimizarse al reciclar el agua del despulpado; y también debería utilizarse el cultivo Aagaard. Al mantener un nivel elevado de azúcares y enzimas en el agua, esto incrementará la velocidad a la cual actúan las bacterias. Sin embargo, conviene mencionar de nuevo que cada pocas horas, el agua reciclada debe eliminarse y se debe utilizar agua fresca para iniciar el próximo día.

### **Tonos terrosos, mohosos y fenólicos**

El tercer grupo de microorganismos relevantes durante el beneficiado de café son los mohos u hongos. Como ya se ha mencionado, si hay suficiente mucílago para que las bacterias y levaduras sigan multiplicándose, entonces los mohos no pueden germinar, ni mucho menos crecer. Cuando el pergamino se ha lavado completamente y puesto a secar, entonces sí pueden comenzar a actuar los mohos. De hecho, entre más limpio y empapado esté el pergamino, hay mayor probabilidad que el moho se desarrolle sobre el café húmedo. Hay una teoría reciente circulando que indica que la causa del sabor Río en Papua Nueva Guinea puede asociarse a la necesidad de empapar bien el pergamino para obtener mejor calidad.

La solución práctica para evitar estos tonos mohosos, incluyendo ese temido sabor Río, es secar el pergamino tan rápidamente como sea posible, antes que las esporas de moho tengan oportunidad de germinar, particularmente en la hendidura central. Si la mañana en que uno tiene planeado poner a secar el café está nublada, entonces el café debería dejarse en el tanque, en agua limpia, hasta que el sol salga y que la superficie del café pueda secarse en una sola operación rápida. Las esporas de moho no pueden germinar bajo agua, y tampoco pueden germinar sobre la superficie del pergamino seco. El peligro es la humedad. Una vez que las esporas de moho han germinado, ponen una serie de hilos que atravesarán el pergamino húmedo y una vez que estén adentro, no importa cuanto se seque el café, esto no parará el proceso.

### **Plásticos**

Una vez que el café se ha secado suficiente para que el grano comience a encogerse y a separarse del pergamino, existe un “microclima” extremadamente húmedo ahí debajo, alimentado por la humedad que sale y por el grano que aún está mojado; y esto permite que todo tipo de microorganismos crezcan y que causen mucho daño debajo del pergamino, justo ahí donde no puede verse. Por eso, incluso en un día lluvioso, durante cada momento que la lluvia pare, incluso por diez minutos, deben extenderse una o dos lonas o plásticos, sacudirlas y re-enrollarlas para deshacerse del aire húmedo y tibio que se almacena en estos, para reducir la germinación de esporas de moho. En el transcurso del día, cada plástico o lona debería abrirse por lo menos una vez, incluso solo por unos segundos.

### **Los pequeños productores y el sabor Río**

Los pequeños productores pueden pensar que pueden evitar este tipo de problemas porque ponen a secar su café únicamente cuando el sol está fuera y alguien se sienta a controlar que no les roben su café. Sin embargo, el peligro se da cuando el café parcialmente seco se almacena en un saco y se guarda en una bodega, mientras se espera que el sol brille. Cada mañana y tarde, cuando el clima no es bueno, los sacos deberían sacarse y el café debería ponerse en otro saco para deshacerse del aire húmedo y tibio. Una vez que un saco se

vació, se debe voltear y sacudir antes de llenar el siguiente. Si se procede como se indica aquí, solamente se necesita un saco adicional para iniciar el proceso.

### **Café Pestilente**

Para la producción de café de calidad, el agua del beneficio y el equipo deben estar limpios; pero en términos de sabor a cebolla y río, no es un caso de entre más limpio mejor. ¡Puede darse el caso de demasiada limpieza! Sin embargo, en el caso del café pestilente, su causa no son microorganismos sino sobrefermentación de ciertos granos mezclados con café normal. Los tanques de fermentación y la maquinaria deben limpiarse cada día para asegurarse que los granos viejos no se queden atascados por varios días en algún lugar, ya que luego se sueltan y contaminarán un lote de café bueno. Esta sobre fermentación extrema, que sucede cuando los granos se quedan atrapados en lugares pequeños, puede llegar a tal punto que la semilla del café germine; y si se deja bajo agua esta morirá rápidamente y deja un punto negro bajo el pergamino. Estos granos “muertos” se pudren rápidamente y van desarrollando un desagradable olor como a queso, que es muy evidente al cortar o aplastar el grano. Solo hace falta uno o dos granos pestilentes para contaminar y arruinar todo un lote de buen café.

### **Otros Sabores**

Para que la información sea completa, también se deben mencionar algunos sabores y tonos que no son provocados por microorganismos. Algunos sabores, como el sabor a grama, se dan cuando el grano se cosecha y procesa cuando aún no está maduro. El problema no es solamente que el grano no esté maduro y que no se podrá despulpar, porque generalmente este grano se podrá identificar fácilmente y se quitará ya sea por selección manual o a maquina. El problema verdadero se da al inicio y al final de la cosecha, cuando el fruto pierde su color verdoso pero no se pone totalmente rojo. Este tipo de grano sí se podrá despulpar fácilmente, pero el pergamino plateado, que se extiende hasta adentro del grano, está lleno de clorofila. Esto se puede ver muy fácilmente en el café lavado, ya que es suficientemente transparente para mostrar el tono verdoso del pergamino debajo. La respuesta a esta situación es secar el café al sol tanto como sea posible, para que la luz ultravioleta pueda eliminar el tono verde. Cuando se hacen experimentos botánicos y las plantas se aplastan y se dejan en la obscuridad, estas siguen siendo verdes. Pero las hojas que se secan en el sol se vuelven de color marrón. Sin embargo, esto no es toda la solución porque la clorofila verde se extiende hasta la parte interior del grano mismo, a donde la luz solar no puede llegar. Un leve tono verdoso generalmente se desvanece con el tiempo, y ya no puede verse cuando el café llega a su destino final; pero los químicos de la clorofila serán absorbidos a la parte aceitosa y afectarán el producto final.

El sabor a saco, el tono aceitoso y el tono a asfalto generalmente vienen de alguna forma de contaminación. Las versiones más baratas de las bolsas de yute (sacos) tienen demasiados aceites o aceites de mala calidad: Estos son únicamente aceites que se utilizan para lubricar la máquina que fabrica los costales; y los fabricantes de sacos de buena calidad generalmente lubrican con aceites vegetales para asegurarse que este problema se evite. Lubricar demasiado las máquinas secadoras o secar el café sobre o cerca de una carretera (asfalto) son otras causas posibles de este problema. Los sabores de tipo ahumados tienden a venir de ventiladores en mal estado; y los tonos terrosos o similares pueden surgir porque el pergamino está demasiado sucio, no solo durante la fermentación pero también cuando el café verde se golpea contra el pergamino sucio. Este es también el momento en el cual las esporas de moho que quedaron en el pergamino entran en contacto con la superficie del grano, y esto causa daños aún mayores.

## **CAPÍTULO 3**

### **TECNOLOGÍA TERCIARIA**

En los primeros dos artículos de esta serie, hemos evaluado primero el beneficiado húmedo y luego el proceso de secado del pergamino, y cómo la manera en que se desempeñen estas operaciones puede causar cierto tipo de problemas al tratar de mantener un producto de buena calidad. Sin embargo, esto no termina aquí. Incluso en las fases de empaque y embarque del café, cuando la humedad del café verde es tan baja como, <12%, y que debería estar protegido de cualquier bacteria o infección provocada por levaduras en términos de su baja “actividad humedad”, todavía es útil evaluar todos los problemas involucrados, en términos de cómo puede incrementarse la presencia de microorganismos, particularmente los mohos u hongos. Las causas principales del envejecimiento prematuro y deterioro en la calidad del café verde, son la humedad y la temperatura. Esto es, la sudoración del café en los patios de secado y sobrecalentar el café verde con el secado mecánico, el trillado y la pulida.

#### **Efectos de la Humedad**

La mejor manera de comprender este tipo de problemas es analizando nuestros propios cuerpos. Incluso durante un día particularmente caluroso, si estamos fuera en la brisa, nuestra piel permanece seca a pesar que estamos evaporando mucha agua para mantener nuestra temperatura. El asunto es que la humedad se evapora desde debajo de la piel; es debajo de la piel que se da el efecto de enfriamiento y solamente un vapor gaseoso es lo que emanamos. Sin embargo, al limitar el flujo de aire alrededor de nosotros e incrementar su humedad relativa y envolverse en una capa plástica en casos extremos, en este caso perderíamos la misma cantidad de humedad, pero se verá en la piel como el líquido que llamamos sudor, y prácticamente no tendrá efecto enfriador. El sudor, sin embargo, está lejos de ser agua pura. Es una solución de sales, azúcares y otros nutrientes solubles, que se depositan en la superficie de la piel, y que es alimento ideal para los microorganismos. El olor desagradable que emana de nosotros y esa sensación “pegajosa” que sentimos cuando no estamos limpios, son el resultado de la actividad microbiana.

En este punto, también conviene mencionar que el café que se deja en agua por periodos de tiempo demasiado prolongados, está sujeto a este mismo proceso. Como hay agua tanto fuera como dentro del grano, la transferencia de azúcares y sales solubles a través de la superficie del grano también puede darse, incluso más rápidamente que el sudar. Algunas fuentes indican una figura de una pérdida del 1-2% del peso del café verde por cada día que el café está en contacto innecesario con el agua. Por esto mismo, los tiempos de fermentación deberían ser tan cortos como sea posible. Sin embargo, no elimine ninguno de estos procesos, ni el lavado ni el enjuague, o habrá una pérdida aún mayor en la calidad por otras causas.

Tal como hemos indicado, los granos de café son iguales que el cuerpo humano. La mejor manera de secar el café es utilizar condiciones en las cuales el aire que rodea al café tiene una humedad relativa tan baja que la humedad del café se pierde en forma de vapor únicamente, pero sin llevarse ningún nutriente como sales y azúcares; de esta forma se conservará la mayor parte del peso para la venta. Sin embargo, deje el café sudar, dejándolo encerrado en plástico cuando el sol está brillando, y habrá gotitas de sudor de café que se formarán bajo el pergamino, y sobre la superficie del café mismo, y en solamente cuestión de días el café será un campo de actividad microbiana, lo cual se reflejará como una fluorescencia azulada sobre la superficie del grano, al colocar el mismo

debajo de una luz ultravioleta. Una pequeña lámpara fluorescente ultravioleta, similar a la que se utiliza en los bancos para verificar las firmas, es una herramienta muy útil para el administrador de un beneficio.

Una causa adicional que puede provocar áreas pálidas azuladas es cuando el café es golpeado o aplastado por el impacto contra algo sólido. Algunos productores pequeños, que despulpan el café con una piedra o con un pedazo de madera, tienen este tipo de problemas; especialmente cuando el saco se coloca sobre algo duro, tal como una carretera. Para los productores más grandes, las antiguas bombas Kivu, con aspas abiertas, son dañinas tanto para la cáscara como para el pergamino (por el impacto), particularmente cuando se han acelerado utilizando un motor eléctrico de 2 o 4 polos. Las Kivu originales funcionaban con motores de 6 e incluso 8 polos. (Las bombas modernas de 2, 3 y 4 son una mejor opción y mucho más económicas.) Si hay incluso un pequeño espacio entre las aspas y la parte frontal y posterior de la máquina, entonces el agua que pasa por estos espacios provocará que ciertos granos se atrapen y la presión los aplastará. Como están suaves y jugosos estos recuperarán su forma, muchas veces sin su pergamino. Si usted observa que su pergamino sale así de la máquina, verifique este tipo de ajustes en su máquina. Sin embargo, los granos parcialmente secos que han sido aplastados de esta manera, emitirán un líquido lleno de nutrientes de las células dañadas, y esto es ideal para que los microorganismos crezcan.

Con el tiempo, estas áreas azuladas se perderán en la capa blanquecina que caracteriza a los granos viejos y que brilla al igual que el tono azul, con la luz UV. Esta capa blanquecina es una mezcla de oxidación y microorganismos que inevitablemente se acumulan en las superficies expuestas del grano verde, en el transcurso de algunos meses. Lo mejor que se puede hacer es comprender como retrasar este proceso lo más posible, o por lo menos hasta que el café verde haya sido procesado más, es decir tostado y molido.

### **Extrusión de Aceite**

La mayor causa de esa fluorescencia ultravioleta no es el daño en la humedad pero la extrusión y oxidación de productos aceitosos. El café verde tiene tanto contenido aceitoso como el maní. Todos conocemos bien la apariencia aceitosa del maní tostado o del café sobre tostado. El problema principal para el café verde es un poco más grave. Cuando el café pergamino se seca hasta un grado de humedad aproximado de 15%, el color negro del grano de café comienza a desaparecer, conforme el aceite y la emulsión de agua dentro de las células del café cambian a un tipo de aceite en un sistema de agua. De ese punto en adelante, el daño que le ocurre a la superficie del grano durante el trillado, eliminará el aceite, más que los productos de agua, y el daño causado por microbios se ve blanco en vez de azul. Utilizando una lámpara UV portátil, un administrador astuto puede diagnosticar una gran parte de sus problemas de calidad.

Aparte de la abrasión mecánica que se da durante la trilla y pulida, el calentar el café en una secadora, a más de 50°C, hará que este extruda un exceso de aceite más adelante para poner en acción todas las esporas de moho y otros microorganismos, además de darles más que suficiente alimento. Este es esencialmente un problema de endurecimiento y micro rajaduras. Cuando la humedad se extrae de las capas superficiales del café, más rápidamente que lo que la humedad puede trasladarse desde el interior, la superficie exterior del grano se endurece y encoge sobre un centro aún húmedo e hinchado. De la misma manera que el pergamino se raja a través la piel que se seca demasiado rápido, la superficie del grano verde está sujeta a cierto tipo de daño llamado micro-rajaduras, por no tener mejores palabras. A pesar que la capa misma desaparezca mientras la humedad se va

nivelando, esas micro fracturas siguen ahí. Y esto permite que los nutrientes se filtren hacia la superficie, y que esto provoque muchos problemas más adelante. Sin embargo, el sobrecalentamiento es la mayor causa del envejecimiento prematuro. El pulido demasiado intensivo, combinado con un incremento en la temperatura, para cicatrizar y eliminar la superficie antibiótica natural de las células que están sobre el grano verde permite que los líquidos de las células dañadas pasen a la superficie. Algunos expertos podrían argumentar que las reacciones subsecuentes son únicamente reacciones de oxidación química y que el café naturalmente se pone rancio, a lo cual llamamos envejecimiento prematuro, y están estimuladas por las enzimas y la actividad provocada por los microorganismos. Otras experiencias, en el ámbito de los alimentos, especialmente en el procesamiento de nueces, tales como almendras, maní etc, se rompen y las nueces pulidas están protegidas de la oxidación, y de ponerse rancias, al aplicar algún antioxidante comercial tal como la vitamina C, podrían sugerir que el envejecimiento prematuro del café puede prevenirse. Sin embargo el café, que tiene varios cientos de años de historia con prácticas tradicionales, tiende a ser muy conservativo en temas como este.

Cuando el café está recién trillado y pulido, tiene una sensación suave y “grasosa”, se ve muy bien y tiene un “brillo” traslúcido. Sin embargo, este ya está un gran paso adelante en el proceso de envejecimiento prematuro. Generalmente en la superficie de este tipo de café, hay suficiente aceite que permite no solamente que el moho crezca, sino que también reaccione con el polvo y cree un tipo de barniz que se va pegando en los tamices y poco a poco va reduciendo el tamaño de los agujeros, a menos que se verifiquen y limpien constantemente. Solo hace falta que a uno lo acusen una sola vez de intentar pasar un café A-B como uno A, o una mezcla de A como un AA, para aprender la lección sobre la necesidad de verificar constantemente los tamices para eliminar cualquier depósito de este tipo de barniz.

Las trilladoras de tipo Bentall Okrassa, que combinan las operaciones de trillar y pulir, son conocidas en la industria por sobrecalentar el café. Al separar las operaciones de trillado y pulido, se permite que el grano verde se enfríe entre cada operación y esto es sumamente bueno. A pesar que hay varias Kaack, Pinhalense y otras trilladoras de impacto que yacen abandonadas en beneficios viejos, sí hay una forma de utilizarlas para reducir tanto la acumulación de temperatura como la acción cicatrizante por la pulida demasiado intensiva, y la destrucción de esa superficie de células intactas, naturalmente resistentes a los microbios. Lo que sucede con las trilladoras de impacto es que estas dejan la cobertura plateada y también esa capa protectora por el máximo tiempo posible; por esto las utilizan en los beneficios en Brasil. Esto reduce el bulto y el volumen para el almacenamiento y transporte a la costa, pero preserva la superficie natural de los granos por el máximo tiempo posible, y le dan el pulido final justo antes de embarcarlo.

### **Volvamos a las Trilladoras Primarias de “Impacto”**

Una razón adicional para que los productores de café consideren las trilladoras de impacto como el primer paso en su fase de trillado, es el problema de los tonos terrosos, y la decoloración del grano verde. Estos problemas son provocados en gran parte por colocar granos esencialmente limpios y protegidos con grandes cantidades de cáscaras sucias, fragmentos de pulpa seca y las famosas esporas de moho. Para eliminar la mayor parte de tierra y cáscara se debe tener un buen sistema de filtrado y buenas operaciones de reciclaje. Esto eliminará la tierra y la decoloración, sin contaminar el grano. Luego se puede seguir con una SM14 o una trilladora Okrassa antigua con una operación de pulido mínimo en los granos. Con la Okrassa, se debería utilizar ya sea acero o bronce pero no ambos para reducir el incremento de temperatura.

Existen diversas opiniones en cuanto a si la cáscara como la del pergamino de grado Y2 se desprenderá y agarrará fuego en un tostador o no; pero sí hay mucho que decir sobre el pulido mínimo, aunque esta capa plateada sea muy difícil de desprender. Papua Nueva Guinea es uno de los pocos países que tiene que enviar su café arábica a través del Ecuador en un barco, y cualquier cosa que permita que nuestro café pase al hemisferio norte en tan buenas condiciones como la de nuestros competidores, es beneficioso para nuestra imagen internacional.

### **Condiciones de Almacenamiento**

Antes de iniciar este punto, debería estar claro que la única manera de preservar el café más tiempo es conservándolo como café pergamino. Una vez que el café ha sido trillado, y más particularmente pulido, el proceso de envejecimiento que induce la oxidación de la superficie, ayudado por los microorganismos, es inevitable. Sin embargo, este puede minimizarse, si se aplican antioxidantes, tal como ya se mencionó, o si se almacena el café verde en condiciones de muy baja temperatura y humedad, para reducir el metabolismo de ese cobertor superficial de aceites alimenticios para las bacterias, levaduras y mohos. Los mohos son particularmente adeptos para crecer en la superficie seca de alimentos secos y muy concentrados ya que utilizan la humedad del aire como su fuente de humedad, y solamente toman el alimento que necesitan.

La ilustración típica es el moho blanco y parecido al algodón que crece en la superficie de un bote de jalea abierto, donde la jalea es tan concentrada que el azúcar absorbe toda la humedad de cualquier ser viviente que esté en contacto con ella. Si se coloca y mantiene la tapadera sobre el bote de jalea, se controla la humedad del aire y el moho no puede crecer. Nadie ha construido una tienda de café con aire acondicionado en Papua Nueva Guinea pero un día sucederá. Lo que es efectivo no es en realidad el control de temperatura sino el control de la humedad. Mientras tanto, hay mucho que decir sobre los contenedores para exportación que se empaquetan y almacenan en lugares altos y únicamente se bajan cuando sea momento de exportarlos. Otra posibilidad es minimizar la utilización de sacos, llenando los contenedores a granel con un forro plástico interno que se puede sellar herméticamente. Ese recubrimiento sellado, pero aún permeable, no solo reducirá la cantidad de oxígeno y humedad, y eso se traduce en reducir el crecimiento del moho, pero también concentrará un cierto porcentaje de dióxido de carbono.

De hecho, en los pueblos grandes que cuentan con una planta de tratamiento de gases, a esos contenedores forrados de plástico se les debería purgar el aire tibio con gas frío de nitrógeno seco, lo cual reduciría rápidamente los procesos de envejecimiento, reduciendo el ritmo metabólico de los microorganismos residentes.

La última palabra sobre la calidad de nuestro producto, es dada, no tanto por el consumidor que se toma el producto, pero cuando esos expertos que cuentan, y los compradores extranjeros, dan su veredicto al momento de abrir nuestro producto en su bodega. Todavía hay mucho que podríamos hacer para mantener la calidad hasta que el sello del contenedor sea roto; de este punto en adelante, ya no es nuestro problema.

## **CAPÍTULO 4**

### **Tratamiento de Desechos en la Industria Cafetalera Convirtiendo a la Industria en Autosuficiente en Términos de Energía**

En las tres primeras partes de esta serie, vimos como la microbiología puede ayudarnos a

comprender los siguientes temas y sus problemas: 1) Cosechar, despulpar y fermentar café; 2) Lavar y secar café pergamino; y 3) Trillar, pulir y empacar café verde. Este nuevo punto de vista biológico, en términos de cómo las bacterias, levaduras y mohos participan en lo que las generaciones previas de productores de café tomaban como “procesos de mantenimiento” y consideraban que únicamente se debía mantener todo limpio y fresco.

Al comprender mejor todos estos procesos, podemos convertir el fruto de café a café de exportación de mejor manera, más rápidamente, y a una calidad superior que antes. Adicionalmente, podemos utilizar los productos de desecho de la industria para proveer toda la energía necesaria para el proceso, pero también para proveer un flujo de efectivo adicional durante temporadas bajas.

### **Desechos de Café**

El punto de vista microbiológico también nos puede ayudar a tratar nuestros desechos de café y convertirlos utilizando procesos nuevos e innovadores. Hace ya más de 1,000 años que la industria del café ha seguido utilizando prácticas históricas que se han enfocado únicamente en producir café verde para la exportación y el resto se trata como desecho. Lo que la Industria cafetalera del tercer mundo necesita son fuentes adicionales de ingresos y un flujo de efectivo generados por productos que surgen simultáneos al café y que hasta ahora han sido virtualmente ignorados. Debemos recordarnos a nosotros mismos, que si seguimos con los orígenes tradicionales del café como bebida, entonces debemos recordar que lo que Kaldi, el pastor ovejero le pasó a Abott quien quería mantener a sus monjes despiertos, fue todo el fruto del café, no solo los granos de adentro. Nuestros antepasados únicamente sabían cómo preservar el grano para la exportación, por eso se tiraba el resto. Por cada tonelada de café verde que se prepara para la exportación, la tierra y agua deben reabsorber alrededor de tres toneladas de pulpa húmeda, 150Kg de cáscaras secas y hasta 6 toneladas de agua altamente contaminada.

### **Agua del Beneficio de café**

Lo primero que hay que hacer es minimizar el agua utilizada durante el beneficiado de café, tanto como sea posible, poniendo en práctica el reciclaje intensivo; vea capítulo 1. Esto reducirá el tiempo de fermentación del café de 6 – 8 horas, no solamente incrementando la temperatura del agua pero también aumentando su nivel de azúcares y enzimas fermentables, para alimentar a las hambrientas bacterias y levaduras y que estas hagan el trabajo por nosotros. Esto también mejorará el color del pergamino seco en el área de la hendidura central, fermentando o digiriendo el mucílago en esas áreas a las cuales otros procesos no pueden llegar. Sin embargo, la mayor ventaja es la reducción del tamaño del beneficio. Cuando cada lote de café se puede tratar en menos de 24 horas, es decir, antes que llegue el próximo lote, se logra reducir el espacio de tanques y el área de trabajo.

Después de 3 o 4 horas de estar despulpando, o cuando se inicia un nuevo tanque, el agua melosa y muy oscura debe descartarse e iniciar de nuevo con agua limpia. Para volver a procesar ese lote de agua sucia, tal como ya se ha mencionado, no es necesario agregar ningún tipo de bacteria; los cerezos que han sido cosechados hace algunas horas y que están en sacos y se calientan, serán una gran masa de microorganismos de todo tipo. La mayoría de esas bacterias terminarán en el agua que se está desechando, y luego se puede seguir fermentando el mucílago.

## **Biogases del agua desechada**

Toda el agua desechada debe recolectarse en un estanque “ácido” y abierto, suficientemente grande para poder colocar toda el agua desechada durante un día de producción. De preferencia debe ser alargado, para que el paso de un lado a otro de un tiempo prudencial, de entre 12 y 20 horas, dependiendo de las condiciones ambientales, y de la fábrica. El agua puede irse sacando continuamente al otro lado del estanque, a la misma velocidad a la cual va entrando. Durante ese tiempo, el mucílago, ayudado por aproximadamente 2% de retroalimentación, se rompe a una pequeña cadena de oligosacáridos que no pueden ser más digeridos. (Ver Fibra dietética soluble y, “El Gran Error Milenario”) Sin embargo, como los azúcares se fermentan a alcohol y luego a vinagre, la acidez o PH caen a 3.8 y eso expulsará todas las pectinas y mucílago fuera de la solución, y flotarán en la superficie como costras amarillentas, que rápidamente se vuelven negras y duras al estar expuestas al aire. Estos sólidos deberían eliminarse con un rastrillo conforme se vayan formando, y luego deben agregarse a la pulpa para la producción de compost.

De un extremo del estanque, uno puede obtener una solución transparente y amarillenta tipo vinagre. Esta solución ácida debe bombearse cada cierto tiempo a través de una capa de 5-10mm de cal o de mármol. Esto neutralizará los ácidos y elevará el PH de 3.8 a 6.1. La espuma de CO<sup>2</sup> que se forma flotará y expulsará taninos y polifenoles oscuros. Estos pueden eliminarse de la superficie con un rastrillo o filtro. La evolución del dióxido de carbono, CO<sup>2</sup>, permite a partir de este momento que más adelante haya una producción de biogás enriquecido con metano, y con solamente la mitad de los niveles usuales de CO<sup>2</sup> inerte. Algunos expertos en biogás también querrán saber a dónde va el hidrógeno, lo cual también ha evolucionado para este momento ya que debería de haberse convertido de vuelta a metano. Sin embargo, la reacción en el estanque ácido es más parecida a la producción clásica de vinagre, que a la ‘acetogénesis’, que funciona en paralelo a la metanogénesis, en condiciones mucho más anaeróbicas.

## **Alimento o Energía**

La solución de acetato transparente puede ya sea pasarse a través de un digestor UASB o EGSB para hacer biogás, o se puede filtrar a través de una cortina suspendida para hacer una proteína unicelular para alimento animal. Los niveles de producción de biogás dependen mucho de la cantidad de reciclaje y de la concentración, pero una buena cantidad aproximada es entre 3 y 5 litros de gas por litro de solución de acetato. También se debe tomar en cuenta que “Renertech UASB/EGSB” es diferente al tipo tradicional en el sentido que tiene menos bacterias acetogénicas, y mucho más metanogénicas. También produce metano en condiciones más ácidas. El lote original de este tipo de producto tomó mucho tiempo para desarrollarse, pero una alternativa puede fabricarse a través de un circuito corto de enriquecimiento para los que tengan prisa.

<http://www.coffee.20m.com/CoffeeWasteWater.pdf>

El biogás producido puede utilizarse mejor pasando un motor sobre el mismo para generar electricidad, y todo el calor de menor grado que se generará con el enfriamiento todavía puede utilizarse para secar café como se hacía anteriormente. El motor, debe ser de preferencia un modelo diesel dual, aunque los modelos previos de petróleo también pueden utilizarse, no solamente para biogás pero también para quemar gas de cáscara de café, tal como se explica más adelante.

El paso a través del digestor de biogás reducirá el BOD en más de 80%, pero lo que queda

tiene residuos de compuestos de color de fruto, no digeribles pero sensibles al PH, los cuales, cuando la acidez cae, de repente reaparecen como el color verde/negro familiar en el agua, lo cual indica la presencia de un beneficio de café varios kilómetros más lejos. En este punto, todo lo que se puede decir es que este color está formado esencialmente por antocianinas de la piel del café maduro, y que es el precursor del color marrón de los pantanos, no es dañino para los peces; las investigaciones que se realizan en las industrias de vino y aceitunas, quienes tienen mucho más dinero que la industria cafetalera del 3er mundo, buscan mejorar los métodos actuales, tal como se detalla a continuación.

### **Limpieza Terciaria del Agua de Café**

Lo mejor que se puede hacer con el remanente del digestor de biogás es regar el café con él. La producción de biogás básicamente toma la luz solar como energía, y los componentes fertilizantes que vienen de la tierra, y no se exportan al grano verde, regresan en esta agua remanente. Sin embargo, su utilización no siempre es posible, especialmente en grandes beneficios centrales.

Cuando regar con esta agua no es posible, esta debe descartarse en pantanos artificiales creados sembrando plantas de tallo corto en algunos estanques poco profundos. Los juncos o cañas pueden crecer en aguas altamente anaeróbicas porque bombean suficientemente oxígeno a través de sus tallos angostos para que sus raíces sigan con vida, junto con bacteria simbiótica, los bichos pueden comenzar a cambiar el agua negra en agua pantanosa color marrón, y comenzar el proceso de re-oxigenación.

En áreas donde el jacinto esté disponible y sea legal, el estanque puede complementarse con un estanque más pequeño pero más profundo con jacinto, lo cual creará el filtro biológico terciario más eficiente conocido por el hombre. En vez de sacar agua con una superficie turbia y colorida, por las bacterias que quedan en ella, este magnífico filtro, formado por las raíces filamentosas de esta planta, y sus microorganismos, son lo que puede volver el agua cristalina de nuevo. Sí se debe tomar en cuenta, sin embargo, que al jacinto acuático no le gusta el agua anaeróbica, ni sales en la solución, así que el primer estanque mayor, lleno de juncos o cañas es una parte vital del sistema.

<http://www.coffee.20m.com/RenerTechWWSytem.pdf>

### **Sólidos de Pulpa de Café**

Una motivación para escribir este tipo de artículos, es el intento de educar al administrador de una empresa cafetalera sobre las posibilidades no solamente de reducir costos pero también de generar ingresos adicionales, desarrollando productos derivados para la temporada baja, junto con la producción estacionaria de café. La pulpa de café es en realidad una sustancia sumamente versátil; pero la presencia de cafeína y taninos tóxicos, ha sido vista hasta ahora como un factor negativo, lo cual la hace inutilizable como alimento animal. Hasta hace poco se descubrió como convertirla en alimento animal en una forma que digiera los alcaloides y taninos no alimenticios, utilizándolos como fuente de nitrógeno para la síntesis de proteína, por la bacteria indicada, generalmente las especies de tipo lactobacillus y lactobacillus plantarum en particular. Al deshidratar la pulpa, y empacarla en forros o empaques plásticos espesos, entre 4 y 6 meses se convierte en un alimento excelente para los pequeños productores que tengan una o dos cabezas de ganado, así como para los que tengan más; y esto genera un ingreso adicional durante la temporada baja. No agregue ningún material nitrogenoso a la pulpa, ya que las bacterias están suficientemente hambrientas para atacar la cafeína y descomponerla por su contenido nitrogenoso.

## **Hongos**

En contraste a las operaciones a mayor escala que se requieren para el tratamiento de aguas de desecho, la pulpa de café es totalmente manejable a escala familiar. La pulpa fermentada y parcialmente seca puede ser utilizada como sustrato para cultivar ciertos tipos de hongos exóticos. Es particularmente interesante mezclar la cáscara seca con pulpa parcialmente seca para cultivar rápidamente Shiitake, Linchi, Ganoderma y otros hongos que tradicionalmente toman años para darse en la madera fresca del cedro.

La producción de otros hongos, como Pleurotas u Ostras, que generalmente crecen en árboles en descomposición es aún más rápida, de 3 a 5 semanas. En las áreas en las cuales los hongos son un alimento preciado, los pequeños productores de café pueden incrementar su flujo de efectivo significativamente si venden estos hongos en el mercado local. Todo lo que se necesita son dos bolsas plásticas, dos “ollas” hechas con un barril partido a la mitad, manos fuertes para exprimir el agua, y una esquina silenciosa de su casa. La propagación de los hongos locales que se encuentran en la naturaleza es posible, pero si los departamentos de agricultura locales los entregan para reproducirlos; estos generalmente crecen en campos de trigo o arroz. Los seminarios para enseñar como multiplicar este tipo de hongos deberían ser una prioridad para las asociaciones de café nacionales; deben tratar de proveer maestros en cada región.

## **El pergamino del café**

El pergamino es prácticamente lignocelulosa pura y no tiene ningún valor fertilizante. Sí, todos sabemos como deshacernos de las montañas de pergamino que están fuera de nuestros beneficios secos; lo quemamos en hornos para terminar de secar nuestro café pergamino. Si la mayor parte del café pergamino se seca al sol por motivos de calidad, entonces como en los Estados Africanos del Este, aún con las secadoras de aire caliente que existen hoy, es posible tener un excedente de combustible al haber finalizado la operación de secado. ¿Qué más queremos? Lo que se puede hacer es quemar el pergamino en un productor de gas, para producir electricidad. Al igual que con el biogás, el calor del productor de gas y del motor se pueden usar para calentar una corriente de aire limpio, y esta puede utilizarse para secar incluso más café que antes. Sin embargo, hay varios países productores de café con climas mucho más húmedos y donde incluso un pequeño porcentaje de secado al sol no es posible. Entonces, por cada kilo de pergamino que se produce, cada punto porcentual de eficiencia en el quemado es vital.

## **Secar el café contra corriente**

La industria moderna de secado de granos de Europa y Estados Unidos ha desarrollado técnicas para utilizar cada gota de calor, pasando el aire caliente y los granos en direcciones opuestas. Como ya se ha mencionado, las antiguas secadoras estáticas y cilíndricas o guardiolas fueron desarrolladas hace 150 años para terminar de secar el café en África del Este, donde la mayoría del trabajo podía hacerse afuera, en el sol; en este caso la eficiencia no era un problema y literalmente había pergamino para quemar por todas partes.

El problema que surge al utilizar estas secadoras de granos más modernas y eficientes, en la industria del café, es que el grano únicamente necesita que se le elimine entre 5 y 10% de humedad al final, después del campo. El grano que está seco fluye libremente. En contraste, el grano entra a la primera secadora, empapado, al 55% de humedad, necesita que se le remueva 43% de esa humedad. La remoción de tanta humedad, junto con el

mucílago restante causa que el café se pegue y que no fluya libremente a través de las secadoras de granos tradicionales, y que se pegue en la parte superior de la máquina. Por eso el café se seca una primera vez en una secadora estática, donde la pegajosidad no es un problema; y una vez que el café está parcialmente seco, y el clima está bien, el pergamino se puede poner al sol para que se siga secando, sin ningún riesgo de moho cuando se cubre por la noche. Entonces la alta velocidad, tan difícil de controlar adecuadamente, de las secadoras cilíndricas o guardiolas, finalizará la operación. Esto quiere decir que el café es manipulado tres veces, o cuatro si se coloca el café en un recipiente para ajustar su contenido final de humedad. Es precisamente en esta área del proceso en la cual se pueden reducir los costos si los precios están bajos.

Si el café está bien fermentado, lavado y empapado, como ya se ha descrito, la mayor parte de la pegajosidad fue eliminada, y se puede intentar secar en una sola operación. Sin embargo, se debe enfatizar que el secado al sol, especialmente en fases iniciales, es muy importante para la calidad final, y por lo mismo, que el café pase por varias operaciones de secado no es inusual. Sin embargo, en tiempos de mal clima, es esencial tener maquinaria con bajos costos para poder manejar el pergamino empapado si se requiere y llevarlo directamente al < 12% de humedad de la forma más eficiente y a los menores costos posibles.

Si se requiere mucho secado mecánico, tal como sucede en Vietnam y en Papua Nueva Guinea según mi experiencia personal, la eficiencia en el uso del calor es vital: La utilización de métodos de secado contracorriente y el equipo de diseño moderno asegurarán que el pergamino empapado no solamente se secará totalmente con la misma cantidad de pergamino seco de ese mismo café húmedo, pero también puede lograrse una importante reducción en los costos de electricidad por diesel.

### **Transferencia de calor demasiado rápida**

El problema principal que surge con las secadoras estáticas es que el aire está demasiado caliente desde el principio, y a menos que el pergamino empapado se mueva vigorosamente, entonces la parte inferior se seca demasiado rápido y comienza a rajarse antes que la parte superior esté siquiera tibia. En una operación contracorriente, en contraste, implica que no hay mucha diferencia en la humedad relativa entre el flujo de aire y el café que está pasando a través del mismo. Por lo tanto, todos los problemas causados por secar el café demasiado rápido, pergamino rajado, café verde endurecido, micro rajaduras, liberación de aceites que provocan envejecimiento prematuro del café verde, pueden aliviarse. (Vea Capítulo 3.) Hay pocos modelos de secadoras de granos que aparenten contar con todos los atributos que les permitirían ser utilizados también con café, a un precio razonable. A pesar que todas las pruebas de campo de todas estas máquinas no se han hecho con café, se puede predecir que estos nuevos estilos de máquinas secadoras de café van a ser utilizadas en lugares con climas húmedos.

HIPERVÍNCULO <http://drzewicz.home.pl/english/> es una buena, especialmente el modelo SP10. La última vez que se verificó, esta costaba alrededor de US\$14,000-00 ex fábrica.

Puede buscar en Internet otras secadoras que pueden fabricarse localmente con partes de camiones viejos. Este tipo de máquinas generalmente soplan aire caliente de abajo hacia arriba, hacia unos granos que se colocan en la base de los silos, los cuales se mueven constantemente contracorriente, con ninguna posibilidad de quedarse atrapados. Sin embargo, lo más importante es que este tipo de máquinas fabricadas logran secar el café en una sola operación y no se requiere mayor combustible más que el del proceso mismo.

## **Fabricando Compost**

Los sólidos de pulpa de café contienen únicamente un quinto de los nutrientes originales que toman del suelo. Cuatro quintos se pierden de la tierra totalmente al exportar el café verde. Por lo tanto, a pesar que sea una buena fuente de humus y carbón orgánico, no es una solución para fabricar un fertilizante completo, tal como los “gurus orgánicos” quisieran que sucediera. Sin embargo, tan solo amontonando la pulpa y olvidándola por un par de años, tampoco es la solución para explotar su valor. Todos conocemos el resultado de esta negligencia. Una costra negra de 100Mm de espesor sobre la montaña, llena de moscas, y dentro la materia rosada que se convierte en marrón al momento de exponerla al aire. La utilización directa de ese material ácido enfermará las raíces del café a menos que se exponga al aire anteriormente, no solamente hasta que se ponga marrón pero realmente negro intenso, cuando todos los taninos y otros polifenoles se han condensado y convertido en humus.

El dejar las montañas de pulpa por tanto tiempo permite que la mayoría de nutrientes se cuele como un líquido negro oscuro que generalmente es muy contaminante si llega hasta el agua porque cuenta con la mayoría del contenido de cafeína de la pulpa original. Si la pulpa de café se mezcla periódicamente, como en la fabricación tradicional de compost, se convertirá en compost en tres semanas, a un quinto de su volumen original y con un peso estable y un olor terroso que no atrae moscas. Si se deja madurar por tres meses más, cubierto, se reduce aún más y se convierte en un material seco y muy agradable que es buen enriquecedor de tierra pero no realmente un fertilizante. Es cuando esta mezcla comienza a calentarse por segunda vez, después de la primera vez que se mezcló, que la estructura colapsa y se libera ese líquido negro pegajoso que contiene la mayoría de nutrientes y que es el material fertilizante. No debería permitirse que este líquido fluya; debería recolectarse y venderse como un agente nutriente orgánico para plantas y como un pesticida, por la cafeína por supuesto; esto tiene un muy alto valor y puede generar ingresos adicionales.

Todo el proceso puede acelerarse todavía más y la producción de líquido alcaloide incrementarse si se agrega 0.05% del peso de la pulpa húmeda en urea, o aún mejor con algún fertilizante. El contenido de fertilizante se recuperará como nitrógeno “orgánico” en forma de proteína bacterial dentro del compost líquido y sólido.

## **Cultivando Café Orgánico**

Más del 50% de la producción mundial de café se cultiva sin fertilizantes importados, pesticidas o herbicidas, y puede considerarse “técnicamente orgánica”. Sin embargo, los granos son pequeños y la calidad es mediocre. La fraternidad orgánica desea etiquetarlo como “cultivado naturalmente”, y quedarse con su etiqueta “orgánica” para cafés de muy buena calidad que se venderán a precios muy altos en tiendas especializadas. El café de calidad requiere “acidez”, “cuerpo” y “sabor”, y eso demanda granos gordos y grandes, llenos de proteínas, carbohidratos y aceites. Todos esos componentes requieren mucha luz solar fotosintetizada así como nutrientes del suelo. Por lo tanto, pienso que aconsejar sombra para reducir la necesidad de fertilizantes, no es una opción fácil.

En mi opinión, la única manera de lograr acercarse a cultivar café “orgánico” es, además de ser sumamente cuidadoso con los desechos de café, plantar cobertores de tierra bajos tales como maní, alrededor de los cafetos, y cultivar sombra que pueda podarse

regularmente.

Este no es el momento para entrar en detalles sobre las bacterias que generan las raíces leguminosas y los nutrientes que estas generan a su vez, pero aún están dentro de la “sombra” de la microbiología así que comentaré un poco más. Los árboles y las plantas no son tontos, y no regalan material costoso, como fertilizantes de nitrato, tan fácilmente. Todo el nitrógeno fijado por las raíces vuelve a las mismas. A cualquier hoja que se cae naturalmente de un árbol, este le ha extraído todos los nutrientes antes de dejarla ir. Las hojas de otoño son únicamente esqueletos de lo que una vez fueron. Solamente cuando el follaje verde lleno de nutrientes se arranca de un árbol y se reparte bajo el café, realmente puede ocurrir una transferencia de nutrientes fertilizantes. Entre más espesa sea la capa que se puede poner bajo los árboles de café, mayor será la protección contra los depredadores, y mejor funcionarán las raíces de los cafetos por el ambiente húmedo. La experiencia me permite indicar que las raíces son el punto más débil de un cafeto, y que mantener los sistemas de raíces del cafeto funcionando, es la respuesta principal para cultivar café de alto valor.

Ken C Calvert.

[www.coffee.20m.com](http://www.coffee.20m.com)

[renertech@xtra.co.nz](mailto:renertech@xtra.co.nz)



