

## **PLENARIAS**

Simposio “Contribución de las Ciencias Básicas al desarrollo del Agro”

### **PLENARIA INAUGURAL**

#### **CONTRIBUCIÓN DE LAS CIENCIAS BÁSICAS AL DESARROLLO DEL AGRO**

**Mesa Dishington, Jens**

*Fedepalma*

Un mercado globalizado, cada vez más conectado, sin la presencia de barreras geográficas, que implican una mayor competencia en todos mercados, aunado a la dinámica del conocimiento y la cada vez mayor velocidad con que ocurren los cambios tecnológicos son, sin duda, factores que vienen impulsando cambios profundos en la productividad de sectores productivos como el agrícola, algunos de los cuales, incluso, pueden llegar a superar sus propias ventajas comparativas. A partir de este marco conceptual, esta presentación aborda el rol determinante que han jugado y juegan las ciencias básicas tanto del lado de la oferta como en la demanda de productos agrícolas. En primer lugar, desde una perspectiva general del agro, para luego adentrarse en las particularidades de dicho rol en un sector como el de la palma de aceite a nivel mundial y finalizar con el caso de esta agroindustria en Colombia. Esto tiene como consecuencia que el futuro del sector agrícola está fuertemente ligado al desarrollo de conocimiento y a los avances que a través de la ciencias básicas se logren en materia de eficiencias de producción, tecnificación, mecanización, manejo de plagas y enfermedades, uso óptimo de recursos naturales, agricultura de precisión por sitio, desarrollo de materiales genéticos y desarrollo de nuevos usos alimenticios y no alimenticios de los productos agrícolas y sus derivados.

## **O PAPEL DA EMBRAPA NO DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA BRASILEIRA**

**Guedes, Ítalo Moraes Rocha**

*Pesquisador da Embrapa Hortaliças*

Reconhecida por ter permitido que o Brasil saísse da condição de importador de comida para um dos maiores produtores de alimentos no mundo, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) teve papel crucial na transformação do país em uma superpotência agrícola. A estratégia inicial utilizada pela empresa foi enviar pesquisadores jovens para receberem treinamento científico de alta qualidade, em nível de pós-graduação, naqueles países e universidades com consolidada tradição de pesquisa científica. O mesmo se repetiu na construção das dezenas de unidades descentralizadas da empresa espalhadas pelo imenso território brasileiro.

A Embrapa foi criada na década de 70 do século passado em resposta ao aumento da demanda por um suprimento confiável de alimentos de uma população que aumentava. O Brasil carecia então de um sistema de pesquisa em Ciências Agrárias que respondesse às demandas por informação necessárias para tornar a agricultura brasileira competitiva e assegurar a soberania alimentar e agroindustrial do país. A agricultura de então se caracterizava por baixas produtividades, a produção agrícola se concentrava nas regiões Sul e Sudeste, eram comuns as crises no suprimento alimentar, a pobreza rural era generalizada, havia uma ausência marcante de conhecimento específico sobre agricultura em clima tropical e de políticas institucionais adequadas que fomentassem o desenvolvimento da pesquisa agrícola.

A criação da empresa trazia consigo o desafio de transformar uma agricultura tradicional, praticada sob bases empíricas, em uma agricultura baseada na pesquisa científica. Em 1975 a área cultivada com grãos no Brasil era de cerca de 37 milhões de hectares e a produção total de grãos no país girava em torno de 45 milhões de toneladas, o que significa uma produtividade de cerca de 1250kg/ha. Em 2010 a produção brasileira de grãos foi de quase 150 milhões de toneladas, embora a área cultivada fosse de apenas 47 milhões de hectares, o que deixa claro que o aumento na produção agrícola brasileira se deveu basicamente a grandes incrementos na produtividade pela agregação de tecnologias geradas pela pesquisa agrícola. Comportamentos semelhantes se repetiram nos diversos grupos de culturas agrícolas cultivadas no país bem como na produção pecuária.

A Embrapa é hoje composta de 17 Unidades Centrais localizadas em Brasília, 46 Unidades Descentralizadas em todas as regiões do Brasil, 4 Laboratórios Virtuais no Exterior, localizados nos Estados Unidos, na Europa, na China e na Coreia do Sul e 3 Escritórios Internacionais na América Latina e na África. A empresa emprega quase 10 mil funcionários, dos quais 2444 são pesquisadores, 84% dos quais possui doutorado. Sob a orientação da Diretoria de Pesquisa & Desenvolvimento, a Embrapa atua em rede com instituições do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária - SNPA e com pesquisadores de várias partes do mundo.

O trabalho da empresa abrange dezenas de cadeias produtivas em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, gerando benefícios não apenas econômicos, mas de cunho

social e ambiental para toda sociedade brasileira. A programação está organizada em temas estratégicos da agropecuária brasileira e cuja gestão conta com sistemas de informações gerenciais e instrumentos de apoio gerencial como portfólios e arranjos, agrupando programas de pesquisa correlatos e sinérgicos.

As perspectivas futuras para a agricultura brasileira deixam claro o papel multidisciplinar que o setor desempenhará nas próximas décadas e sua crescente dependência em conhecimento, tecnologias e inovação. Esse cenário coloca grande pressão para as organizações de pesquisa e inovação estarem preparadas para responder às mais diferentes oportunidades e desafios. Uma das principais forças motrizes para a inovação nas próximas décadas são as tecnologias da informação e comunicação (TICs). As mudanças tecnológicas que acompanham as TICs, ao mesmo tempo em que promovem avanços substanciais na capacidade de a pesquisa responder aos anseios da sociedade, geram desafios e formas de relacionamento que não têm sido explorados em maior profundidade com foco na pesquisa e inovação agropecuária.

Nos mais de 40 anos de atuação da Embrapa a agropecuária brasileira tornou-se uma das mais eficientes e sustentáveis do planeta. O país incorporou uma larga área de terras improdutivas aos sistemas produtivos. A região do Cerrado brasileiro, originalmente de solos intemperizados e ácidos, é hoje responsável por quase 50% da produção de grãos no Brasil. A oferta de carne bovina e suína foi quadruplicada e a oferta de frango foi ampliada em 22 vezes. Essas são algumas das conquistas que tiraram o País de uma condição de importador de alimentos básicos para a condição de um dos maiores produtores e exportadores mundiais.

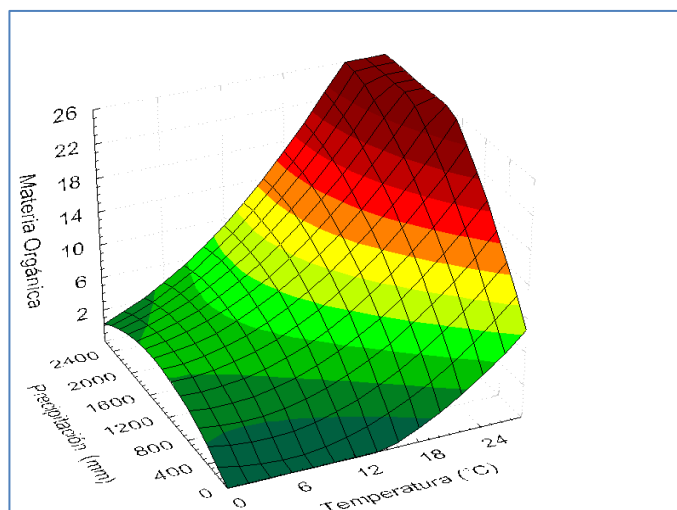
# EL CIERRE DE CICLOS BIOGEOQUÍMICOS, EL GRAN RETO PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

**Peláez J., Carlos A.**

*Grupo GIEM, Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia*

## Introducción

Desde la perspectiva termodinámica y para efectos prácticos, el planeta tierra se considera un sistema cerrado. En consecuencia, la energía disponible en el sistema fluye unidireccionalmente desde el Sol como fuente y con el reciclaje como única alternativa de materia para la síntesis de nuevos compuestos. En la figura siguiente se presenta como en condiciones de ecosistemas naturales, la productividad (medida como materia orgánica) es una función dependiente de la precipitación y la temperatura.



En el contexto de los ecosistemas naturales, la evolución especializó funcionalmente a los biosistemas en tres grandes grupos: Productores, consumidores y descomponedores. Cada biosistema u organismo ocupa un lugar en el ciclo y por esto, los productores sintetizan nueva biomasa a expensas de la energía disponible, los consumidores transforman la biomasa ya existente y finalmente, los descomponedores restituyen los bioelementos a las formas simples para así garantiza el reinicio. De esta forma se garantiza una recirculación efectiva y por ende una sostenibilidad en la Biosfera.

Con la invención de la Agricultura en el Neolítico y los inventos conexos a la cultura humana sedentaria, se inicia un cambio definitivo en la relación entre el humano y su entorno natural. Tras la consolidación del cultivo y la cultura, de manera paulatina pero constante, el paisaje terrestre se viene transformando de pradera o bosque en aldea, ciudad o megalópolis. Es por esto que con intervención humana sobre la Biosfera y muy específicamente la realizada en la era postmoderna gracias a la consolidación de la tecnología del nitrógeno y de los fertilizantes de síntesis, se vienen alterando los ciclos naturales de la materia (o ciclos biogeoquímicos) de tal forma que por primera vez, la sostenibilidad planetaria se está viendo seriamente amenazada por la acción antrópica. En el concepto de Agroecosistema tradicional, la extracción en forma de cosecha no es compensada y por tanto, tal y como se describe en la figura siguiente, mientras que el

ecosistema tiende al concepto de sistema cerrado, un agroecosistema es claramente un sistema abierto con exportación neta de materia.

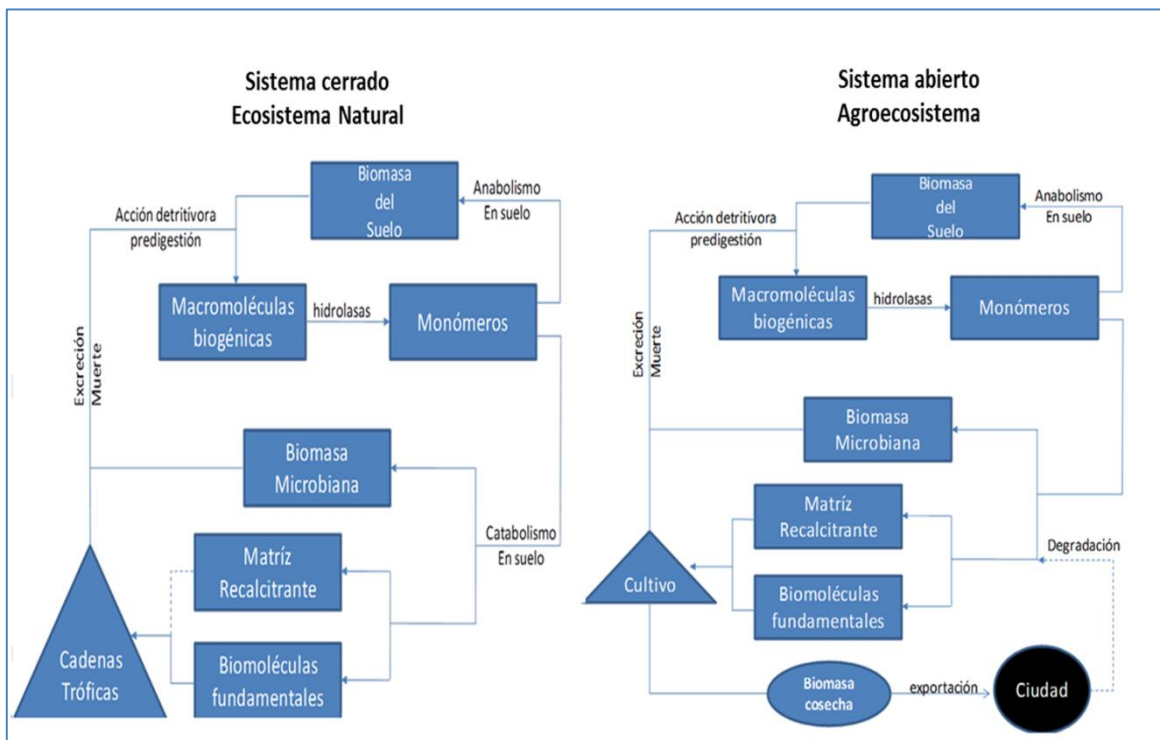
Pocos países como Colombia comienzan a sufrir un impacto tan determinante por esta situación, dado que la combinación de: Régimen de lluvia, luminosidad y temperatura, hacen que nuestra productividad primaria sea tan exuberante, que la capacidad de recuperación de nuestros suelos no se está dada a la velocidad requerida, y por tanto nuestros suelos se están encaminando, más rápido de lo que creemos, hacia el deterioro definitivo y por tanto hacia la desertización.

A pesar del oscuro panorama, la ciencia desde hace más de tres décadas, no solo advirtió la problemática sino que de manera paralela consolidó estrategias que permiten el reajuste de tecnologías que van desde la nutrición vegetal hasta el aprovechamiento energético y material de residuos orgánicos, de tal manera que se retome la dinámica en que los flujos biogeoquímicos permiten alcanzar la sostenibilidad planetaria.

En esta charla se discuten causas, efectos, retos y soluciones para garantizar una alta productividad de los agroecosistemas sin poner en riesgo su persistencia en el tiempo.

### Conclusiones

La sostenibilidad de los agroecosistemas solo es posible si dentro de los programas de nutrición vegetal se incluyen programas que permitan la reincorporación de la materia que se extrae en forma de cosecha. En las últimas décadas, la ciencia y la tecnología han implementado programas productivos en agricultura que permiten el balance material de los agroecosistemas.



## Agradecimientos

El grupo GIEM agradece a la Universidad de Antioquia y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales el apoyo para el desarrollo de esta línea de investigación.

## Bibliografía

Schlesinger, William H. Biogeochemistry: an analysis of global change 2013. Ed Elsevier.

Ramon Margalef. Perspectivas de la Teoría Ecológica 1981 ED. Blume

Margalef, R. (1978) "Ecología" Editorial Omega. Barcelona

Eugene Odum. Ecología. ED. 1973 Interamericana

E.A. Paul; K. Paustian; E.T. Elliot; and C.V. Cole. (Editors). Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. 1997 CRC Press

Juan F. Gallardo. El Humus. Investigación y Ciencias Julio 1980 pp 8-16

## **LA ACUAPONÍA UNA ALTERNATIVA ORIENTADA A LA SOSTENIBILIDAD**

**Torres A, Riaño E; Gómez E, Hurtado H.**

*Grupo de Ictiología, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá*

La acuaponía puede definirse como la producción de animales acuáticos, principalmente, pero no exclusivamente peces, en sistemas de recirculación de agua, combinada con la producción de plantas en sistemas hidropónicos. Esta producción se hace en ambiente controlado: para los peces es importante el seguimiento y ajuste continuo de los valores de parámetros fisicoquímicos como el pH, la temperatura, la concentración de amonio, nitrito, nitrato, la dureza general, la dureza de carbonatos, y la concentración de oxígeno disuelto. Adicionalmente, para las plantas es importante seguir otros parámetros tales como el hierro, el calcio, el fósforo, el potasio y el magnesio.

Con la acuaponía lo que se busca es un sistema más sostenible que la agricultura o la piscicultura tradicional. Esto se refiere a los siguientes elementos:

**Gasto de agua:** se calcula que la agricultura utiliza aproximadamente el 60% del agua que se emplea en las diversas actividades humanas. Sin embargo, mucha de esta agua se emplea en sistemas que llevan a una pérdida considerable de este recurso, ya sea por evaporación, infiltración, escorrentía, etc. Se calcula, utilizando como ejemplo la lechuga, que para producir una cabeza de lechuga, se gasta menos de la mitad del agua en sistemas acuapónicos que en sistemas tradicionales. En cuanto a la piscicultura, la relación de la cantidad de agua utilizada vs la biomasa producida es grande: una libra de trucha requiere de más de 100.000 litros de agua para ser producida en los sistemas de raceways que se tienen actualmente

**Requerimientos climáticos y de suelo:** Es bien sabido que diferentes productos agrícolas requieren de diferentes condiciones climáticas, aunque muchas plantas son bastante flexibles en ese sentido. Con los peces la situación es más exigente, ya que los que se desarrollan en climas cálidos, crecerán muy lentamente en climas fríos y los de clima frío no soportan aguas cálidas y pueden deformarse generando productos que el mercado no acepta. En cuanto a suelo, las plantas requieren diferentes tipos de nutrientes en diferentes momentos de su ciclo vital. Adicionalmente estos nutrientes varían según las especies que se cultiven. Además se necesitan condiciones físicas del terreno, como grado de retención del agua, nivel de aireación, etc... Quiere decir que no existe un “suelo universal”. Esto se complica aún más si se tiene en cuenta que los nutrientes pueden agotarse y se requiere entonces de nuevas adiciones de estos con los incrementos de costos, y su eventual contaminación. Como si fuera poco, el suelo es sustrato para muchos tipos de patógenos de todo tipo, requiriendo de aplicaciones de sustancias que eliminen o al menos controlen dichos patógenos. Por su parte la acuaponía puede “independizarse” parcialmente de los elementos climáticos utilizando sistemas bajo techo o bajo invernadero, condición que comparte con la hidroponía; y no depende en lo absoluto del tipo o calidad de suelo, ya que sencillamente no lo utiliza.

**Área requerida.** En términos de la producción de peces, la acuaponía utiliza el área disponible de una forma más racional: en un cultivo en estanque se levanta

aproximadamente 1,5 kg de pez por m<sup>2</sup>, mientras que en un sistema acuapónico en un área equivalente de tanque de peces se puede fácilmente tener una biomasa 10 veces mayor. En cuanto a las plantas, la densidad de siembra puede incrementarse, y adicionalmente se pueden generar cultivos verticales.

Producción limpia. Los sistemas acuapónicos son forzosamente métodos de producción limpia, ya que la aplicación de los herbicidas y/o pesticidas de uso corriente en agricultura, podrían matar a los peces o hacerlos inaceptables para consumo humano. Sin embargo no se habla de producción orgánica, ya que la alimentación, tanto de plantas como de peces, se basa en concentrado, y además se aplican adiciones de algunos productos para compensar bajos niveles de hierro, calcio y potasio, que ocurren muy frecuentemente en los sistemas acuapónicos.

Sin embargo, los sistemas acuapónicos también tienen sus desventajas, siendo las principales:

Total dependencia de la energía eléctrica. En estos sistemas la aireación y el flujo del agua deben ser constantes, utilizando turbinas y bombas que requieren energía eléctrica. Esta característica es uno de los grandes limitantes de la acuaponía en el campo colombiano, en el cual con frecuencia el suministro de fluido eléctrico no es confiable. Esto puede solucionarse con sistemas alternos de generación de energía, de los cuales el que ha tenido más desarrollo es la energía fotovoltaica. Esta aunque costosa inicialmente, tiene una vida útil que puede llegar a ser mayor a 30 años.

Problema del alimento. La mayoría de los sistemas acuapónicos se basan total o parcialmente en el uso de concentrados para peces. Esto no necesariamente es sostenible y se requiere mucha investigación en fuentes alternas y sostenibles de alimento.

Necesidad de personal con un mayor nivel de capacitación. Para manejar un sistema acuapónico se requiere conocer sobre los peces, las plantas y las bacterias; un manejo seguro de la química del agua, que permita tomar decisiones rápidas; un buen entrenamiento para detectar síntomas de deficiencias en plantas, sobre todo de aquellos elementos que son muy difíciles de cuantificar ya que no existen kits baratos para hacerlo, como es el caso del potasio y el magnesio. Esto evidentemente se resuelve ofreciendo esta capacitación de forma accesible al campesino, tanto en términos de cartillas y textos de fácil comprensión y aplicación, como de apoyo continuo para el montaje y seguimiento de sus sistemas. Este trabajo de capacitación ya se ha iniciado en la Universidad Militar Nueva Granada, con el ofrecimiento de un curso a nivel de la Maestría en Biología Aplicada, un curso electivo para el programa de Biología Aplicada, y un curso de extensión dirigido a la comunidad en general.

En teoría casi cualquier pez y planta puede producirse en estos sistemas. Lo más práctico en términos de peces son especies como la tilapia, la carpa, la cachama blanca, y hasta la trucha (aunque es bastante más exigente). Se ha probado bastante con especies de peces ornamentales, y funciona muy bien, pero se requiere de un número bastante grande de peces, ya que en general su biomasa individual es pequeña. Adicionalmente, para la mayoría de nuestras especies ornamentales no existen paquetes de reproducción y se capturan en el medio con el consiguiente impacto en las poblaciones naturales. El grupo de Ictiología tiene experiencia directa (ya sea en sistemas de recirculación o en acuapónicos) con peces como tilapia roja, cachama



blanca, goldfish, tiburoncito, bagre tigrillo, arawana plateada, neón cardenal, carpa común, carpa espejo.

En cuanto a las plantas, lo mejor es trabajar con especies de ciclo corto como muchas hortalizas, a de plantas de fruto que no se demoren mucho. Esto debido a que las probabilidades de llegada de plagas se incrementan con el tiempo. Se ha trabajado con lechugas, tomate, cebolla cabezona, cebollín, albahaca, orégano, menta, alverja, acelga, fresa y apio.

#### Bibliografía

1. Ako H, Baker A. Small scale lettuce production with hydroponics and aquaponics. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaiï at Manoa. SA2. 2009
2. Bernstein S. Aquaponic Gardening. New Society Publishers, USA. 2011
3. Diver S. Aquaponics. Integration of Hydroponics with Aquaculture. ATTRA ([www.attra.ncat.org/attra-pub/aquaponic.html](http://www.attra.ncat.org/attra-pub/aquaponic.html))
4. Malone R, Recirculation aquaculture tank production systems. Overview of current desing. SRAC publication No 453. 2013
5. Somerville C, Cohen M, Pantanella E, Stankus A, Lovatlli A. 2014. Small scale aquaponic food production. Integrated fish an plant farming. FAO fisheries and aquaculture technical paper No 589. Rome, FAO.

# MÁXIMA EFICIENCIA DEL USO DE LA LUZ EN PLANTAS Y SUS POSIBLES IMPLICACIONES EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

**Posada, Juan Manuel, Ph.D.**

*Programa de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad del Rosario, Cr. 24 No. 63C-69, Bogotá (D.C.), Colombia*

Todas las plantas necesitan múltiples recursos para su fotosíntesis, crecimiento, supervivencia y reproducción. Sin embargo, obtener estos recursos del medio ambiente tiene costos para las plantas, como por ejemplo construir raíces para capturar minerales del suelo y hojas para capturar luz. Por ende, toda planta, está regida por relaciones entre los costos de obtener recursos y los beneficios que obtiene de capturarlos. En base a ello, se ha planteado que las plantas han evolucionado para utilizar los recursos con una eficiencia óptima en la que las ganancias por unidad de recurso deberían maximizarse. Aunque hay diversas maneras de cuantificar esta eficiencia, en términos generales se mide como una razón beneficios/costos. Por ejemplo, la fotosíntesis es una medida de beneficios mientras que la cantidad de agua consumida por transpiración es una medida de costos (directos e indirectos). Sin embargo, las plantas requieren de múltiples recursos de manera simultánea (agua, nitrógeno, fósforo, luz, etc.) y varios estudios han mostrado que no es posible maximizar la eficiencia del uso de diferentes recursos de manera simultánea.

La luz es la fuente de energía para la fotosíntesis y como tal juega un rol primordial en la organización de la forma y función de las plantas. Por ello, el objetivo de nuestras investigaciones ha sido evaluar si las plantas priorizan el utilizar la luz con máxima eficiencia fotosintética. Nuestras simulaciones con modelos funcionales-estructurales apoyan este planteamiento e indican que para maximizar su fotosíntesis (una medida de “éxito” de una planta), toda planta debería *simultáneamente*: 1) maximizar la cantidad de luz que absorbe y 2) utilizarla con máxima eficiencia fotosintética a nivel de todas sus hojas. La eficiencia máxima ocurre a intensidades de luz relativamente bajas (ca. 10% de la intensidad de la luz del sol a medio día) y por ello toda hoja expuesta a alta luz debería aumentar su ángulo de inclinación, reduciendo la luz incidente. Mediante mediciones detalladas en árboles tropicales adultos de gran porte pudimos demostrar que los resultados de las simulaciones son válidos y que todas las hojas maximizan su eficiencia fotosintética, independientemente de su posición a lo largo del gradiente de luz en el dosel, mediante ajustes finos en su fisiología y ángulo de inclinación. En contraste, los estudios que hemos hecho en plántulas indican que las plantas pequeñas *no* maximizan su eficiencia ya que sus hojas se mantienen horizontales en cualquier ambiente lumínico, dándole prioridad a absorber el máximo de luz a costa de reducir la eficiencia. Por ello, las plántulas tienen un fuerte compromiso entre absorción y eficiencia de uso de la luz debido a que su copa esta poco desarrollada y no hay suficientes “capas” de hojas para absorber la luz que dejarían pasar hojas inclinadas.

## Conclusiones

Estos resultados indican que la eficiencia fotosintética de uso de la luz juega un papel central en la organización de las plantas y debe ser considerado en la selección de variedades agrícolas más productivas. Por ejemplo, se podrían seleccionar variedades

que desarrollen de manera rápida una copa más densa (más “capas” de hojas) ya que esto permitiría que las hojas alcancen su eficiencia máxima de manera más rápida.

#### Agradecimientos

Estas diferentes investigaciones fueron hechas en estrecha colaboración con Kaoru Kitajima, Christian Messier, Camilo Rey Sánchez, Thomas Sinclair, Marty Lechowicz, Ted Schuur, Joe Wright, Ben Bolker, Stephen Mulkey, Risto Sievanen, Jari Perttunen y Eero Nikinmaa. La financiación provino de COLCIENCIAS, el Fondo de Investigaciones de la Universidad del Rosario (FIUR), NSERC, CEF, Sigma-Xi, the Russell Dissertation Fellowships y el Center for Tropical Forest Sciences.

#### Referencias (en orden cronológico)

Mooney HA, Gulmon SL. 1979. Environmental and evolutionary constraints on the photosynthetic characteristics of higher plants. In: Solbrig OT, Jain S, Johnson GB, Raven PH eds. Topics in plant population biology. New York, Columbia University Press.

Field C. 1983. Allocating leaf nitrogen for the maximization of carbon gain: leaf age as a control on the allocation program. *Oecologia*, 56: 341-347.

Kull O. 2002. Acclimation of photosynthesis in canopies: models and limitations *Oecologia*, 133: 267-279.

Meir P, Kruijt B, Broadmeadow M, Barbosa E, Kull O, Carswell F, Nobre A, Jarvis PG. 2002. Acclimation of photosynthetic capacity to irradiance in tree canopies in relation to leaf nitrogen concentration and leaf mass per unit area *Plant, Cell & Environment*, 25: 343-357.

Rosati A, DeJong TM. 2003. Estimating photosynthetic radiation use efficiency using incident light and photosynthesis of individual leaves. *Annals of Botany*, 91: 869-877.

Posada, J. M., R. Sievanen, C. Messier, J. Perttunen, E. Nikinmaa and M. J. Lechowicz. 2012. Contributions of leaf photosynthetic capacity, leaf angle and self-shading to the maximization of net photosynthesis in *Acer saccharum*: a modeling assessment. *Annals of Botany* 110: 731-741

Posada, J. M., M. Lechowicz, and K. Kitajima. 2009. Optimal photosynthetic use of light by tropical tree crowns achieved by adjustment of individual leaf angles and nitrogen contents. *Annals of Botany* 103: 795-805

# LA BIOLOGÍA, LA METEOROLOGÍA Y LA MATEMÁTICA EN EL DESARROLLO DE LA BOVINOCULTURA DE PRECISIÓN

**Ramírez Arias, J. P.<sup>1\*</sup>, Cerón-Muñoz, M. F.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Grupo de investigación GaMMA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Carrera 75 No. 65-87, Bloque 47-233, Medellín, Colombia. [grupogamma@udea.edu.co](mailto:grupogamma@udea.edu.co) \*Joven Investigador Colciencias 2014*

En la actualidad las principales dificultades que enfrentan los sistemas de producción lechera en Colombia y el mundo, están relacionadas a problemas de rentabilidad, ya que su margen es cada vez más estrecho; y a las exigencias del mercado, que en muchas ocasiones son contradictorias al sistema productivo. Esto ha conducido a implementar soluciones que estén direccionadas a mejorar la eficiencia, y al mismo tiempo poder satisfacer las demandas del mercado, entre las cuales se identifican la inocuidad y calidad de la leche, control y prevención de enfermedades zoonóticas, bienestar animal, reducción en el uso de medicamentos y mínimo impacto ambiental (Berckmans 2006).

La incursión de nuevas tecnologías está cambiando constantemente la industria láctea a nivel mundial, de hecho muchas de las tecnologías usadas en lechería son variaciones de tecnologías usadas en otras industrias como la automovilística o electrónica (Bewley et al 2015), e indudablemente, estas tecnologías continuarán modificando el manejo de los animales.

La bovinocultura de precisión (BP) se define como el manejo del sistema de producción basado en información y tecnología para identificar, analizar y manejar la variabilidad y los aspectos que tienen influencia sobre éste para un desempeño óptimo, mejorando su rentabilidad y siendo sostenible en el tiempo. Bewley (2010) describió la BP como el uso de tecnologías para medir indicadores fisiológicos, comportamentales y de producción en animales de forma individualizada con el objetivo de mejorar las estrategias de manejo y el desempeño del sistema.

Cuando el hato es pequeño, el manejo individualizado de los animales se hace sencillo, ya que el mismo productor es quien vigila el comportamiento y producción de sus animales, por lo cual identifica fácilmente cuales individuos tienen buena o mala producción, así como la detección de cambios comportamentales, fisiológicos y productivos. No obstante, cuando los hatos tienen mayor tamaño, se hace difícil manejar los animales de manera individual, y es allí donde la BP cobra importancia, siendo el objetivo proporcionar al productor, aún con gran número de animales, información que garantice la toma rápida y precisa de decisiones, ya que los datos son colectados en tiempo real.

De acuerdo con Schulze et al (2007) un sistema de lechería de precisión esta compuesto por: un sensor que genera datos, un modelo que proporciona una interpretación fisiológica de los datos, administración del proceso de toma de decisiones y finalmente la ejecución de dicha decisión. De igual manera, según Wathes et al (2008) la BP requiere, entre otros factores; 1) detección continua de las respuestas del proceso (o salidas en la terminología del ingeniero del proceso) en una frecuencia y escala apropiada con retroalimentación de información al controlador del proceso; 2) modelo matemático compacto, el cual prediga las respuestas dinámicas de cada salida del

proceso para estimar la variación en tiempo real; 3) un valor objetivo y una trayectoria para cada uno de los procesos de salida, ej: producción de leche o emisión de gases efecto invernadero; y 4) controlador predictivo basado en un modelo que genere las entradas. En la figura 1 se puede ver cómo interactúan cada uno de los factores que hacen parte de un sistema de BP.

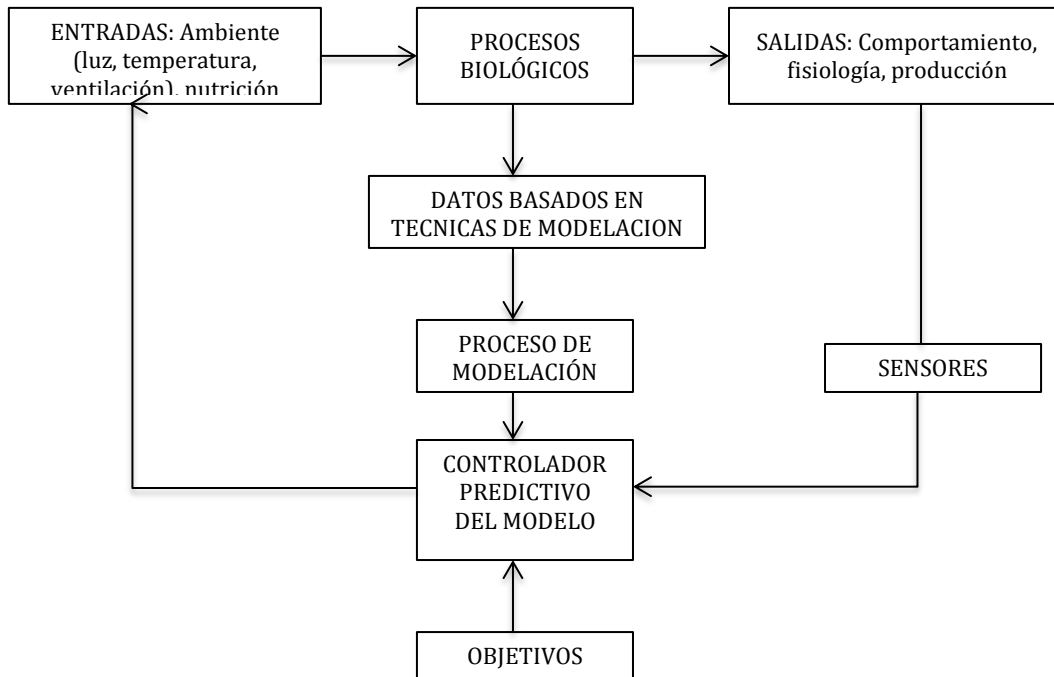


Figura 1. Esquema general de los principales componentes de la BP para controlar procesos biológicos, como el comportamiento animal, fisiología y producción (Adaptado de Wathes et al, 2008)

La interacción entre la fisiología del animal y su ambiente es la clave para mejorar la eficiencia de la producción de leche (Meijer et al 2010), ya que la habilidad genética del animal solo podrá expresarse si las condiciones ambientales (luz, temperatura, nutrición, entre otras) son ideales para su desempeño productivo, puesto que la regulación fisiológica es el factor más crítico en su habilidad productiva, y si estos factores no son tenidos en cuenta al momento de evaluar los animales, puede conllevar a tener resultados sobre o subestimados y a tomar de decisiones poco precisas.

Los factores climáticos que afectan directamente la productividad, son la temperatura ambiental, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento, es entonces como los animales enfrentan este tipo de variaciones ambientales mediante modificaciones fisiológicas y comportamentales, lo cual modifica a su vez la producción y sus requerimientos (Arias et al 2008).

El manejo del sistema debe actuar como método de prevención que ayude a expresar el potencial del animal, además de servir como indicador de la buena salud del mismo. Es importante predecir de forma confiable como va a responder el animal a los cambios ambientales en cada momento, además la variabilidad de las variables de interés, por lo cual es cada vez más frecuente el uso de modelos predictivos para la producción animal (Aguilar et al 2002).

Los efectos ambientales pueden ser pronosticados y minimizados mediante uso adecuado de la información disponible, lo que incluye la genética del animal, clima, manejo productivo y manejo nutricional utilizando tecnologías de precisión con un diseño de modelo que se ajuste a las necesidades de cada sistema.

El uso de modelos de control predictivo es una manera de realizar un esquema de BP. Los modelos matemáticos pueden ser usados para el control del sistema, y en el caso de la producción de leche requiere generalmente de adaptaciones, ya que los animales constituyen sistemas complejos, individuales y que varían en el tiempo (Berckmans 2006).

Estas técnicas de modelación estiman parámetros desconocidos de una estructura de un modelo matemático abstracto, basada en medidas *on-line* de salidas y entradas del proceso. Los parámetros del modelo pueden ser estimados en línea durante el proceso, resultando en un modelo adaptado que puede hacer frente a la mayoría de procesos biológicos (Aerts et al 2003), sin embargo los parámetros del modelo y su estructura tampoco brinda un enfoque biológico de los mecanismos causales.

Comparado con el manejo tradicional, la BP tiene el potencial de monitorear, manejar y controlar diversos aspectos de la producción animal, de manera simultánea y automática. Los procesos físicos y biológicos son el enfoque de la BP. Uno de los beneficios de la BP es que el productor recibe información detallada de los procesos de los animales, como su comportamiento y fisiología, y está disponible para la evaluación y toma de decisiones en tiempo real, en comparación con la información que es recolectada manualmente. Algunos de los procesos que se pueden incluir en las prácticas de precisión son crecimiento y producción, detección de enfermedades, vigilancia del comportamiento y el bienestar animal. En la tabla 1 se puede observar las razones para adoptar o rechazar un sistema de precisión, ya que no siempre se adapta a las necesidades del productor, además se debe tener en cuenta las ventajas y desventajas de la BP (Tabla 2).

Tabla 1. Razones para adoptar las prácticas de precisión en la producción pecuaria

Razones para adoptar BP	Razones para rechazar BP
Disminución de oferta de operarios y/o productores capacitados que estimula el manejo mediante ayudas tecnológicas	Periodo de recuperación de la inversión incierto
Mayor habilidad para satisfacer la demanda del mercado por productos con especificaciones ajustadas a cambios en el tiempo	Falta de confianza en los sistemas de producción basados en tecnología
Capacidad de concertar las demandas potencialmente contradictorias en la	Desarrollo incompleto de la tecnología con escasa confiabilidad de los equipos, lo

producción, ej: emisiones de gas efecto cual conduce al rechazo por nuevos invernadero vs. Tasas óptimas de adoptantes.  
crecimiento

Registros electrónicos que son conservados, proporcionan garantía de calidad y trazabilidad de los productos.

Adoptado de Wathes et al 2008

Tabla 2. Algunas ventajas y desventajas del manejo de animales mediante pecuaria de precisión

Proceso	Ventaja Potencial	Desventaja potencial
Producción de leche y tasa de crecimiento	Optimiza el suministro de nutrientes, basado en el peso vivo en tiempo real	Control de consumo y composición de la dieta es factible únicamente a nivel grupal, lo cual puede conducir a nutrición inadecuada para algunos individuos
Monitoreo y detección de enfermedades	Se optimiza la producción de leche individualmente, permitiendo temprana detección de signos clínicos de enfermedad. Ej: mastitis o laminitis.  Disminuye el manejo individual de animales durante las inspecciones	Los productores se pueden volver dependientes de la BP y deben estar atentos a señales de otras enfermedades.  Requiere identificación individual.

Adoptado de Wathes et al 2008

## Referencias

Aerts J M, Wathes C M, Berckmans D 2003 Dynamic data-based modelling of heat production and growth of broiler chickens: development of an integrated management system. *Biosystems Engineering* 84(3):257–266.

Aguilar C, Cortés H, Allende R 2002 Los modelos de simulación. Una herramienta de apoyo a la gestión pecuaria. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal* 10(3): 226-231.

Arias R A, Mader T L, Escobar P C 2008 Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria* 40: 7-22

Berckmans D 2006 Automatic on-line monitoring of animals by Precision Livestock Farming. Livestock Production and Society. Wageningen Academic Publishers, Netherlands 287-294.

Bewley J M 2010 Precision Dairy Farming: Advanced Analysis Solutions for Future Profitability. The First North American Conference on Precision Dairy Management. Kentucky, USA. From: <http://precisiondairy.com/proceedings/s1bewley.pdf>

Bewley J.M., Russell R.A., Dolecheck K.A., Borchers M.R., Stone A.E., Wadsworth B.A., Mayo L.M., and I-Ching Tsai. 2015. Precision Dairy Monitoring Opportunities, Limitations, and Considerations. In: Proceedings of the Western Dairy Management Conference March 3-5, Reno, NV. From: <http://www.wdmc.org/2015/Bewley.pdf>

Meijer R., Peeters K. 2010. The Use of Precision Dairy Farming in Feeding and Nutrition. In: Proceedings of the The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010, Kentucky, USA. From: [http://www.deboerenveearts.nl/wp-content/uploads/2014/02/Meijer\\_The-Use-of-Precision-Dairy-Farming-in-Feeding-and-Nutrition.pdf](http://www.deboerenveearts.nl/wp-content/uploads/2014/02/Meijer_The-Use-of-Precision-Dairy-Farming-in-Feeding-and-Nutrition.pdf)

Schulze, C J Spilke and W Lehner 2007 Data modeling for Precision Dairy Farming within the competitive field of operational and analytical tasks. Computers and Electronics in Agriculture 59:39-55.

Wathes C M, Kristensen H H, Aerts J M, Berckmansc D 2008. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall?. Computers and Electronics in Agriculture 64(1): 2–10.



## **A IMPORTÂNCIA DAS CIÊNCIAS BÁSICAS E APLICADAS NO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA NA EMBRAPA HORTALIÇAS**

**Guedes, Ítalo Moraes Rocha; da Silva Boiteux, Leonardo; Pacheco Lima, Carlos Eduardo**

*Pesquisadores da Embrapa Hortaliças*

Na década de 70, a maior parte da produção de hortaliças do Brasil se concentrava na região Centro-Sul do país, principalmente nos climas mais amenos. A real tropicalização da produção de hortaliças ainda estava por vir. A adaptação das culturas nas diferentes regiões brasileiras, desde o Sul subtropical, passando pelo Nordeste semi-árido, até o Norte tropical quente e úmido, dependeu do acúmulo e aplicação de profundos conhecimentos de genética, fisiologia e ecologia dos cultivos, química, física e biologia dos solos. Atualmente o Brasil testemunha a expansão da produção de hortaliças em ambiente protegido, o que tem se tornado possível graças ao conhecimento, além do comportamento das plantas e do solo, da física do ambiente interno nesse tipo de estrutura.

O avanço da produção de hortaliças no Brasil tem sido resultado em grande parte da aplicação, no agroecossistema, de conhecimento gerado por estudos em ciências básicas. Um caso emblemático foi a expansão da agricultura brasileira para as extensas áreas de terras planas e mecanizáveis do Brasil Central conhecidas como Cerrado. Os solos dessas regiões são quase invariavelmente muito intemperizados, ácidos e com alta atividade de alumínio. Para agravar o desafio, estes solos são também pobres em cálcio, magnésio e fósforo. Embora a tortuosa vegetação do Cerrado fosse bem adaptada a este ambiente, para que a ocupação desta área pela agricultura fosse possível, foi necessário aprofundar o conhecimento da mineralogia e da química destes solos, o conhecimento do comportamento de sorção do alumínio e sua ação sobre a fisiologia vegetal. Posteriormente, foi preciso estudar maneiras de diminuir ou neutralizar a acidez dos solos e aumentar a atividade química do cálcio, do magnésio e, principalmente, do fósforo.

Os solos do Cerrado são intemperizados e pobres do ponto de vista nutricional porque essa região recebe anualmente uma grande quantidade de precipitação, associada a longos períodos de temperatura relativamente alta. A maior parte das hortaliças consumidas no Brasil é originária de regiões de clima temperado. Inicialmente essas espécies mostravam muito pouca adaptação às condições de clima e solo do Cerrado. É notável, por exemplo, o caso da cenoura. Até o início da década de 80 do século XX, essa espécie era tipicamente cultivada nas condições amenas de outono-inverno do centro-sul do país. Isso tornava a cultura escassa, seus preços eram elevados e a parcela da população que a consumia era pequena. Em 1981 a Embrapa Hortaliças lançou a cultivar Brasília, adaptada a temperaturas e pluviosidades elevadas e com alta resistência à doença conhecida como queima-das-folhas. O lançamento dessa cultivar permitiu a expansão do cultivo da cenoura a regiões tropicais como o Cerrado, o Nordeste e mesmo o Norte do Brasil.

Pela mesma razão por que os solos das regiões tropicais brasileiras são intemperizados, as altas precipitações pluviométricas, há considerável perda de solos pela erosão. Mas

não é simplesmente a quantidade de chuva que determina a taxa de erosão de um solo. Os estudos sobre as causas e as taxas de erosão do solo foram necessários para permitir o desenvolvimento das práticas de manejo dos solos minimizadoras de perdas. Antes de qualquer coisa, estabeleceu-se que o principal agente causador da erosão é a gota de chuva agindo sobre o solo desprotegido. A alta energia cinética da gota de chuva é suficiente para destruir a estrutura do solo. Percebeu-se posteriormente que a presença de cobertura vegetal diminuía o tamanho da gota e reduzia a energia cinética da mesma. Em razão da alta umidade associada com temperaturas elevadas em determinadas épocas, a taxa de decomposição da matéria orgânica dos solos tropicais é também elevada e há uma grande dependência da vegetação para a manutenção dos teores de matéria orgânica na maior parte dos solos brasileiros. Com a retirada da vegetação nativa para a implantação da agricultura, há normalmente um rápido decréscimo nos teores de matéria orgânica nos solos agrícolas das regiões tropicais brasileiras, tornando-os ainda mais vulneráveis ao processo erosivo, não apenas pela proteção mecânica conferida pelo material orgânico, mas também porque este tem a capacidade de reter grandes quantidades de água. Apenas pela sistematização dessas informações foi possível desenvolver e adaptar sistemas de conservação do solo como o plantio direto, sistema largamente adotado no Brasil e responsável por dramáticas reduções nas perdas de solo, água e nutrientes nos campos agrícolas do país.

O aprofundamento do estudo das características e do comportamento físico, químico e biológico da matéria orgânica do solo permitiu a percepção que a utilização deste componente do solo como insumo poderia trazer enormes vantagens à agricultura. Por sua composição heterogênea e pela presença de grande número de grupos funcionais, a matéria orgânica expõe uma grande quantidade de cargas elétricas que lhe conferem importante papel no controle dos teores de nutrientes minerais no solo; pela mesma razão a matéria orgânica retém grande quantidade de água, como se comentou no parágrafo anterior. Sua presença no solo permite a formação de melhor estrutura, a qual é necessária para a melhor infiltração de água no perfil do solo. Servindo de habitat e de alimento para os microrganismos do solo, solos com maiores teores de matéria orgânica em geral apresentam maior diversidade biológica, reduzindo a ocorrência de doenças de solo nas plantas cultivadas. A agricultura orgânica iniciou-se a partir desse tipo de informação.

O desenvolvimento de uma variedade como a Brasília exige a aplicação de uma gama enorme de conhecimentos. Em primeiro lugar é necessário um profundo conhecimento da fisiologia e da genética da espécie. De posse dessas informações, o agrônomo melhorista precisará dominar estatística e genética populacional. A resposta de uma espécie não dependerá apenas de sua genética, mas também da interação desta com o meio-ambiente. Sem conhecer ecologia e, principalmente, ecofisiologia das culturas, é quase impossível realizar um trabalho eficiente de melhoramento vegetal, principalmente quando se pretende adaptar uma espécie a condições de solo e clima diferentes daquelas onde a espécie se originou.

O melhoramento de plantas é na verdade uma seleção dirigida, na maior parte dos casos. Se o que se deseja é uma planta resistente a *Ralstonia*, deve-se expor uma população razoavelmente grande e variável ao patógeno e se selecionar, por um número  $x$  de gerações, aquelas plantas mais resistentes ou tolerantes, utilizando-se inclusive cruzamentos entre materiais com resistência ou tolerância diferenciada. Ao final do

processo, espera-se ter uma linhagem ou linhagens com a característica desejada bem fixada para que se possa comercializá-la.

Um fator ecológico crucial limitando a adaptação de hortaliças e outras espécies de uso agrícola às condições tropicais é a ocorrência de microrganismos causadores de doenças e de artrópodes indesejados agindo como pragas. As condições de altas umidades e temperaturas em geral são muito propícias para aumentar a incidências de doenças e pragas agrícolas. O entendimento do comportamento desses organismos indesejáveis no cultivo em altas populações e sua interação com o agroecossistema é fundamental para o desenvolvimento de técnicas de controle dos mesmos e de adaptação das culturas a estes organismos. Ultimamente tem ganho importância também o estudo das interações entre diferentes microrganismos, entre microrganismos e artrópodes e entre diferentes artrópodes com o objetivo de avançar as técnicas de controle biológico de patógenos e pragas. Associando o conhecimento assim gerado com as informações sobre a genética das plantas cultivadas, é possível conduzir programas de melhoramento genético vegetal visando selecionar plantas mais tolerantes ou resistentes a doenças e pragas.

Ao contrário de outras culturas, nas quais o mais importante é a quantidade produzida, nas hortaliças a qualidade do produto é fundamental. Pouco importa uma grande produtividade de tomates fora do padrão exigido pelos consumidores. O desenvolvimento de novas cultivares não pode deixar de levar em consideração aspectos de qualidade do produto produzido, preferência dos consumidores, resistência ao transporte e vida de prateleira. São características aparentemente prosaicas, mas cujo estudo demanda firme conhecimento em ciências básicas. No mercado brasileiro de tomates a preferência dos consumidores tem se voltado para as variedades do tipo cereja ou grape.

O mercado desse segmento é muito exigente, demandando frutos com pH ideal, firmeza, boa conservação pós-colheita, coloração vermelha intensa e teor de sólidos solúveis (Brix) elevado. De fato, a principal característica que propiciou a recente expansão de consumo do segmento cereja ou grape é o sabor adocicado (ou alto Brix). Os componentes mais importantes do Brix no tomate são os açúcares (glicose e frutose) e os ácidos orgânicos (ácido cítrico e ácido málico). Estudos recentes têm mostrado que o glutamato pode também contribuir para o Brix do tomate, sendo a relação glutamato/açúcares um importante componente de sabor do tomate. As variedades disponíveis no mercado apresentam grandes variações no teor de sólidos. Além do híbrido/cultivar utilizado, vários fatores ambientais e fatores associados com manejo da cultura podem levar a uma variação no valor de Brix. Por exemplo, podemos citar: temperatura diurna e noturna, precipitação pluviométrica (em cultivos de campo aberto), intensidade e severidade de doenças foliares e sistemas de adubação.

Regiões do Brasil onde a temperatura noturna cai rapidamente após o pôr-do-sol e se mantêm amenas (permitindo maior translocação de sólidos para os frutos) tendem a favorecer a produção de frutos com melhor Brix. O manejo inadequado da frequência, intensidade e período de irrigação também pode levar a uma redução do Brix. Em geral, irrigações muito intensas próximas da época da colheita reduzem o Brix. Por outro lado, a paralisação precoce da irrigação pode aumentar o Brix, mas pode também afetar negativamente a produtividade. Irrigação por gotejo aumenta a produtividade, mas, em geral reduz o Brix. Manter a relação nitrogênio/ potássio N:K (1:2), manter os frutos na planta até pleno amadurecimento, suplementação de cálcio em condições de

temperaturas mais elevadas são outros exemplos de práticas que, aparentemente, apresentam efeitos positivos sobre o Brix.

A moderna produção de hortaliças deve encarar prementes desafios - mudanças climáticas, escassez de recursos naturais, população crescente, escassez de terras, poluição. Como forma de minimizar os impactos negativos das mudanças climáticas na produção agrícola, mecanismos adaptativos têm sido propostos. No melhoramento genético, a busca por variedades adaptadas aos estresses térmicos e hídricos, a maiores níveis de radiação, com maior albedo e mais eficientes na utilização de fertilizantes são alguns dos principais pontos discutidos. Outros mecanismos adaptativos, agora associados aos sistemas de produção, podem também surtir bons efeitos.

Um programa de agricultura de baixo uso de insumos deve antes de qualquer coisa procurar utilizar variedades comprovadamente mais eficientes no uso de nutrientes. Caso estes não existam ou não estejam disponíveis, deve-se criar programas de melhoramento que visem explicitamente o desenvolvimento de variedades menos exigentes e mais eficientes na utilização de nutrientes, mesmo que para isso seja necessária a utilização de técnicas de biotecnologia, caso se queira atingir altas produtividades. Esta seleção obrigatoriamente deverá ser feita expondo-se vários materiais a solos ou soluções nutritivas mais pobres em nutrientes e selecionando-se os materiais que se saíam melhor.

São muitos os presentes e futuros desafios na produção de hortaliças. Para enfrentar esses desafios o Brasil tem utilizado conhecimento científico básico e aplicado, gerado por instituições de pesquisa brasileiras e estrangeiras. Uma agricultura de sucesso precisa de agricultores bem preparados, de uma assistência técnica atuante e de pesquisadores em Ciências Agrárias e correlatas com rigorosa formação científica e dispondo de recursos e de uma estrutura institucional que incentive o fazer científico e a inovação.

# DEGRADACIÓN COMPARATIVA POR $UV_{254}/H_2O_2$ Y LUZ SOLAR DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN EFLUENTES DE PTAR DOMÉSTICAS: FUTURISTA PARA COLOMBIA Y UNA REALIDAD DE HOY PARA SUIZA

Pulgarin, Cesar; Giannakis, Stefanos

Instituto de Ciencias Químicas e Ingeniería, Grupo de Procesos de Oxidación Avanzados (GPAO) <http://gpao.epfl.ch/>, EPFL, Lausana, Suiza

El tratamiento de agua residual constituye un paso previo a la descarga, ya sea para reúso industrial o uso agrícola. Si el tratamiento previo al reúso agrícola es previsto, además de factores como la carga orgánica, los compuestos nitrogenados, los metales pesados y los microorganismos, una categoría de amenaza especial, constituida por los llamados contaminantes emergentes, debe ser considerada. Entre los contaminantes emergentes de las plantas de tratamiento de agua residual doméstica (PTARD) se encuentran sustancias (Marco de las directivas de la UE: 2000/06/CE), tales como metales, pesticidas, ftalatos, hidrocarburos aromáticos policíclicos y disruptores endocrinos, que son considerados una amenaza por su remanencia en ambientes naturales. Las PTAR actuales no están diseñadas para la remoción de estos contaminantes. De esta situación surge la necesidad de integrar a las tecnologías existentes otras en búsqueda de una remoción efectiva de estos compuestos. Los Procesos Avanzados de Oxidación (PAOs), caracterizados por la producción masiva del poderoso oxidante radical hidroxilo, son objeto de estudio pues podrían ofrecer una opción de tratamiento para los contaminantes emergentes haciendo así más ambientalmente amigable para uso agrícola los efluentes de PTAR.

La primera parte de este trabajo se concentra en la remoción de 32 micro-contaminantes seleccionados (fármacos, inhibidores de corrosión y biocidas/pesticidas) encontrados en un efluente proveniente de una (PTARD) basada en lodos activados. El aspecto interesante de estos experimentos es la posibilidad de degradar los microcontaminantes a pesar de la presencia de materia orgánica disuelta (MOD) en concentraciones relativamente altas.

La MOD alcanzaba una concentración de carbono orgánico total de 15.9 mg/L y la concentración global de microcontaminantes estudiados era 29.5 ng/L. Los tratamientos evaluados en la remoción de microcontaminantes fueron: Emisión de UVC a 254 nm, Fenton ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}/H_2O_2$ ) y Foto-Fenton ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}/H_2O_2/luz$ ). Dos

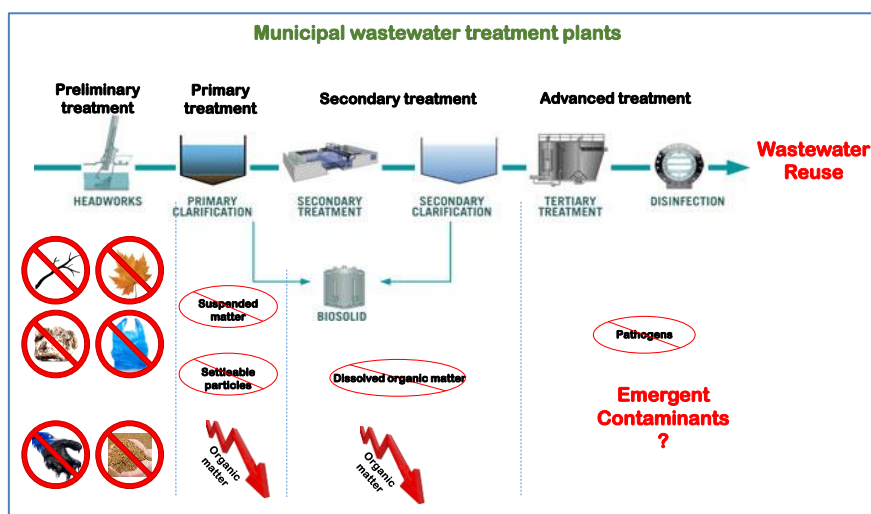


Figura 1 – Típico diagram de flujo de una PTARD

diferentes fuentes de irradiación fueron usadas para los experimentos de Foto-Fenton: UVC y luz solar. Las concentraciones de hierro y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> también fueron variadas con el fin de evaluar su influencia en la degradación. Todos los experimentos fueron llevados a cabo a pH natural, cerca al neutro. Los experimentos Foto-Fenton que usaron UVC, 50 mg/L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, con y sin la adición de hierro (5 mg/L de Fe<sup>2+</sup>adicionado o 1.48 mg/L de hierro total ya presente), arrojaron los mejores resultados. Los porcentajes de remoción de micro-contaminantes global fueron 98 y 97% respectivamente, después de 30 minutos de tratamiento. A medida que la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aumentaba (10, 25 y 50 mg/L), se observaron las mayores velocidades de degradación. Fenton y Foto-Fenton bajo luz solar simulada condujeron a cinéticas de degradación lógicamente más lentas que con UVC (de la Cruz et al., 2012).

Por otra parte, el agua residual saliente de tres instalaciones diferentes de tratamiento secundario (lodos activados, birreactor de lecho móvil y coagulación-floculación) en operación en la planta municipal de tratamiento de agua residual de Vidy, Lausana (Suiza), fue tratada a escala de laboratorio mediante varios procesos de oxidación (UVC, UVC/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de un lado y Fenton, irradiación solar y Foto-Fenton solar del otro). Para esta tarea, 6 micro-contaminantes fueron seleccionados de acuerdo con los requerimientos de la legislación suiza (Carbamazepina, Claritromicina, Diclofenaco, Metoprolol, Benzotriazol y Mecoprop) y monitoreados a lo largo del tratamiento. Después de cada tratamiento secundario, la eficiencia de los PAOs incrementó en el siguiente orden: Coagulación-Floculación < Lodos Activados < Biorreactor de lecho móvil, en casi todos los casos. De las diferentes combinaciones probadas, el agua residual sometida a tratamiento biológico seguido de UVC/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> llevó a los niveles de eliminación más altos. El agua residual que fue sometida a tratamiento fisicoquímico previo mostró velocidades de degradación de microcontaminante considerablemente inhibidas. La cinética de degradación fue determinada, arrojando:  $k$  (UV) <  $k$  (UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y  $k$  (Fenton) <  $k$  (irradiación solar) <  $k$  (Foto-Fenton). Finalmente, la evolución global de los parámetros de contaminación (eliminación de DQO y COT) fue registrada y las vías de degradación de la materia orgánica del efluente fueron elucidadas, dichas vías en varios casos infligieron mineralización extensiva en ausencia de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> lo que revela la formación de oxidantes bajo el efecto de la radiación UV (UVC o UV-solar) sobre los componentes todavía presentes en el agua residual previamente tratada (Giannakis et al., 2015).

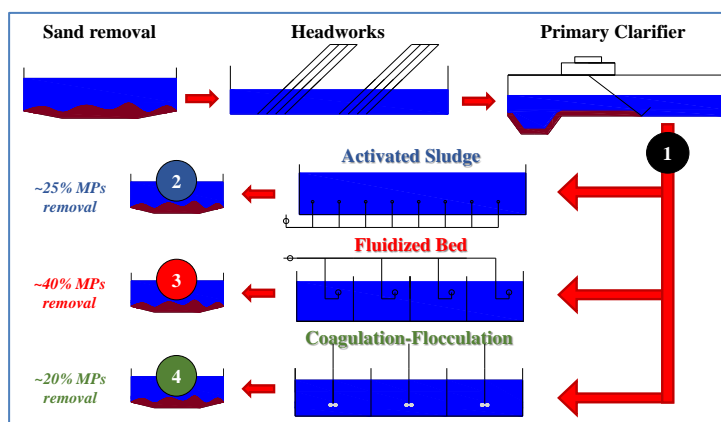


Figura 2 – Visión general del tratamiento previo a PAOs en una PTARD a escala de laboratorio

La calidad microbiológica del agua y los contaminantes emergentes tienen ambos gran importancia. Sin embargo en los países en vía de desarrollo y emergentes la calidad microbiológica es generalmente priorizada por los riesgos agudos que ella comporta para la salud de las personas. Pero, hay que

priorizado no implica que el riesgo crónico, ligado (particularmente asociada a los micro-contaminantes),

anotar, que el hecho que el riesgo microbiológico sea a la contaminación química cese de existir. En nuestro

estudio la reducción de carga bacteriana fue evaluada en paralelo a la reducción de la contaminación química. El enlace entre la eficiencia de los PAOs y el (pre)tratamiento secundario fue evaluado estimando la concentración bacteriana i) antes del tratamiento secundario, ii) después de los diferentes métodos de tratamiento secundario y iii) después de los PAOs. La desinfección y el recrecimiento del contenido de coliformes fueron los indicadores de evaluación. Además, una combinación de métodos económicos, potencialmente sostenibles en países en vía de desarrollo o muy soleados (tratamiento secundario + luz solar), seguidos por una simulación de descarga de coliformes totales y fecales en la naturaleza fue también puesta a prueba (Pulgarin et al., 2015).

Los tratamientos más eficientes para inactivación de bacterias fueron aquellos basados en técnicas UV, ya que el tiempo de residencia fue  $< 5$  min. El recrecimiento fue la mayor desventaja del tratamiento con UVC, en varios casos duplicar el tiempo de irradiación llevó a la inhibición de este fenómeno. La aplicación de UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, eliminó por completo este fenómeno en menores tiempos de exposición. Después de los métodos relacionados con Fenton, el recrecimiento bacterial fue casi totalmente eliminado únicamente cuando tiempos de exposición extendidos fueron aplicados. La tendencia revelada por el estudio de supervivencia a largo plazo de las bacterias, fue un requerimiento de más de 4h para inactivar totalmente la carga total de coliformes. La dilución de las muestras tratadas en agua del lago de Ginebra determinó tiempos de supervivencia más cortos, esto está ligado a la depredación y las condiciones osmóticas desfavorables para los microorganismos. Finalmente, las muestras que fueron expuestas a periodos extendidos de tratamiento no presentaron recrecimiento, independientemente de los métodos de pretratamiento y de las condiciones de dilución, verificando un umbral energético más allá del cual las bacterias son incapaces de recuperarse.

Dado que entre los PAOs evaluados el más eficiente fue el proceso UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y que un tratamiento secundario generalizado alrededor del mundo es el tratamiento con lodos activados, una unidad comercial piloto (Figura 3) fue instalada al final del tratamiento. La remoción de 22 micro-contaminantes seleccionados fue monitoreada en el efluente de la planta municipal de tratamiento de agua residual de Vidy, Lausana. Cuatro de estos 22 compuestos son sustancias indicadoras incluidas en la propuesta de la Oficina Federal Suiza de Medio Ambiente (FOEN) (Carbamazepina, Diclofenaco, Sulfametoxazol, Benzotriazol y Mecoprop).

Entre los tratamientos estaban: luz UVC, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y Fe<sup>3+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UVC. El agua residual proveniente de la PTARD ya contenía hierro en una concentración total de un promedio de 1.6 mg/L. Los parámetros de los experimentos fueron variados con el fin de encontrar las condiciones óptimas entre los siguientes rangos: caudal de agua residual (de 2 a 14 m<sup>3</sup>/h), concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (de 20 a 50 mg/L) y concentración Fe (III) (de 0 a 4 mg/L). Los porcentajes de remoción de los micro-contaminantes estudiados fueron mayores que el 80% para la mayoría de los caudales probados.

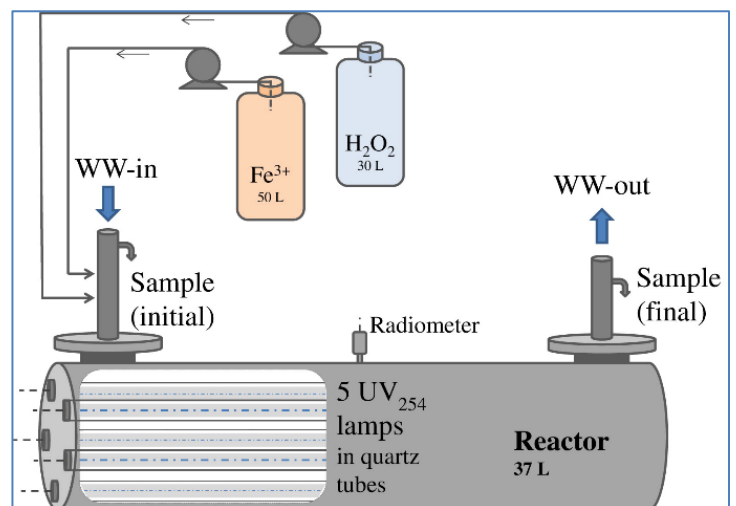
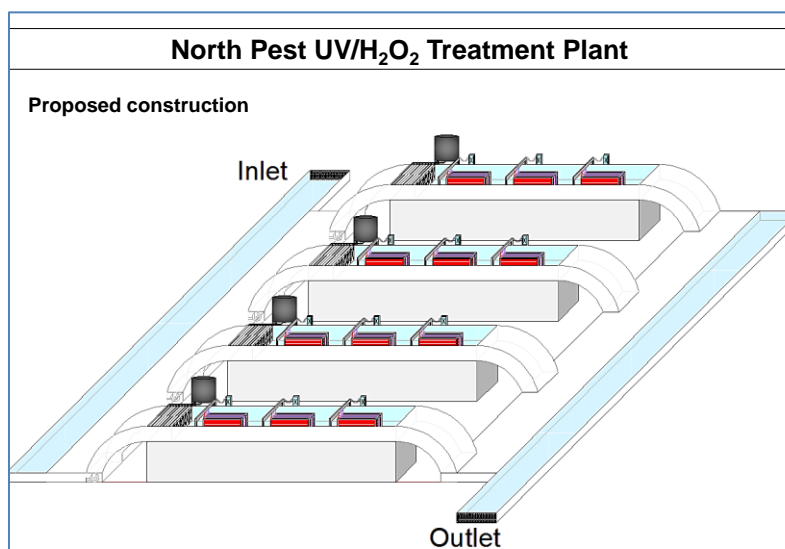


Figura 3 – Esquema de una unidad UV a escala piloto

Además, los costos de operación para las diferentes condiciones evaluadas fueron estimados y comparados, proporcionando valores óptimos de la relación reactivos / tiempo de residencia (de la Cruz et al., 2013).

El trabajo final fue la extrapolación de la planta piloto a un escalamiento teórico para la ciudad de Budapest. El objeto de estudio del escalamiento fue la planta de tratamiento North Pest. El estudio de la solución propuesta por medio de UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se basó en los resultados de la planta a escala piloto en Vidy, Lausana y las recomendaciones de diseño fueron propuestas por Wedeco. Además, una aproximación a los costos operativos se llevó a cabo, por medio de extrapolación de los resultados en la planta piloto de tratamiento de Vidy. Los costos de inversión, tanto como los de operación y mantenimiento están sometidos a grandes fluctuaciones de acuerdo con el plan de construcción y las condiciones de empleo, respectivamente. Además, en cuanto a los resultados esperados de una aplicación como esta se refiere, dado que la intensidad base de la luz UV fue de 70W/m<sup>2</sup>, se esperan eficiencias de degradación mayores en una planta de escala total; la planta piloto alcanzó una degradación global de los contaminantes del 80%. Por ende, con intensidad de luz UV base más elevada, también se puede esperar un impacto positivo en las velocidades de degradación por medio de UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Por otra parte, no es recomendable adicionar cantidades extra de hierro a la entrada del tratamiento, ya que dicha adición no tiene influencia en la remoción. Sin embargo, la presencia natural de hierro en ambas PTAD, ya sea la de Vidy que la de North Pest, puede contribuir a la producción adicional de radicales por medio de la reacción Fenton.

A manera de beneficio colateral, la intensidad de la aplicación de UV propuesta es capaz de inactivar una gran fracción de microorganismos ya presentes en el agua. De esta manera, una aplicación destinada para degradación de contaminantes puede servir también como unidad de esterilización. Los beneficios de la



adición de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> podrían eliminar efectivamente todos los microorganismos. Adicionalmente, la presencia de hierro y el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> residual inducirán a continuación una reacción Fenton, la cual suprimirá el recrecimiento de los microorganismos después del tratamiento, que es el talón de Aquiles de la desinfección con UV (Giannakis and Pulgarin, 2014).

Al parecer, las investigaciones de UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (laboratorio y piloto) y de los métodos basados en luz solar muestran que pueden ser opciones perfectamente viables para la desinfección de aguas residuales destinadas a ser reusadas en actividades agrícolas. No obstante, los tiempos de residencia deberían ser fijados en acorde con la necesidad de



remover los contaminantes orgánicos, dado que su persistencia conlleva mayores requerimientos de tratamiento.

Los autores dan sus más cálidos agradecimientos a Laura Victoria Suarez Murillo doctorando del GPAO, EPFL, Suiza por su remarcable traducción de este texto del inglés al castellano.

## Referencias

1. De la Cruz, N., Giménez, J., Esplugas, S., Grandjean, D., de Alencastro, L.F. and Pulgarín, C. (2012) **Degradation of 32 emergent contaminants by UV and neutral photo-fenton in domestic wastewater effluent previously treated by activated sludge**. *Water Research* 46(6), 1947-1957.
2. De la Cruz, N., Esquiú, L., Grandjean, D., Magnet, A., Tungler, A., de Alencastro, L.F. and Pulgarín, C. (2013) **Degradation of emergent contaminants by UV, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and neutral photo-Fenton at pilot scale in a domestic wastewater treatment plant**. *Water Research* 47(15), 5836-5845.
3. Giannakis, S., and Pulgarin, C. (2014) **Pollutants abatement in wastewater treatment by the UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment process: the case of North Pest treatment plant**, in Project Report: *“Towards a sustainable fine chemical and pharmaceutical industry: screening and re-utilization of carbon-rich liquid wastes*, Swiss-Hungarian cooperation project SH7/2/14 Pharmawater.
4. Giannakis, S., Gamarra Vives, F.A., Grandjean, D., Magnet, A. de Alencastro, L.F. and Pulgarín, C. (2015) **Effect of Advanced Oxidation Processes on the micropollutants and the effluent organic matter contained in municipal wastewater previously treated by three different secondary methods**, *In Press*, *Water Research*.
5. Pulgarin, C., Voumard, M., Giannakis, S., (2015) **Comparative Evolution Between Oxidation Processes Used For Bacterial Inactivation After Three Different Secondary Treatment Methods**, Accepted for Presentation in "4th European Conference on Environmental Applications of Advanced Oxidation Processes – EAAOP4", Athens, Greece, 21-24/10/2015.

## Referencias adicionales

1. Malato, S., Fernández-Ibáñez, P., Maldonado, M.I., Blanco, J. and Gernjak, W. (2009) Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends. *Catalysis Today* 147(1), 1-59.
2. Margot, J., Kienle, C., Magnet, A., Weil, M., Rossi, L., de Alencastro, L.F., Abegglen, C., Thonney, D., Chevre, N., Scharer, M. and Barry, D.A. (2013) Treatment of micropollutants in municipal wastewater: ozone or powdered activated carbon? *Science of the Total Environment* 461-462, 480-498.
3. Canonica, S. (2007) Oxidation of aquatic organic contaminants induced by excited triplet states. *CHIMIA International Journal for Chemistry* 61(10), 641-644.

4. Oller, I., Malato, S. and Sanchez-Perez, J.A. (2011) Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination-- a review. *Science of the Total Environment* 409(20), 4141-4166.
5. Michael-Kordatou, I., Michael, C., Duan, X., He, X., Dionysiou, D., Mills, M. and Fatta-Kassinos, D. (2015) Dissolved effluent organic matter: Characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications. *Water Research* 77, 213-248.
6. Prieto-Rodríguez, L., Oller, I., Klammerth, N., Agüera, A., Rodríguez, E.M. and Malato, S. (2013) Application of solar AOPs and ozonation for elimination of micropollutants in municipal wastewater treatment plant effluents. *Water Research* 47(4), 1521-1528.

## CONTRIBUCIONES DE LA CIENCIA EN EL PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS PARTICIPATIVAS DE MANEJO SOSTENIBLE EN SISTEMAS PRODUCTIVOS CON PEQUEÑOS AGRICULTORES

**Márquez Cardona, Maria del Pilar**<sup>1</sup>; **Rodriguez Perez, Loyla**<sup>1</sup>; **Saenz Aponte, Adriana**<sup>1</sup>; **Chaparro, Catalina Astrid**<sup>1</sup>; **Moncada, Luis**<sup>2</sup>; **Alvarez, Rocío**<sup>3</sup>; **Bello, Gabriel**<sup>3</sup>; **Camargo, Antonio**<sup>3</sup>; **Hortua, Omar**<sup>3</sup>; **Moreno, Luisa**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidad Javeriana. [marquez.maria@javeriana.edu.co](mailto:marquez.maria@javeriana.edu.co)

<sup>2</sup> Sistema Local de Innovación en papa. [ut.agrosostenibles@gmail.com](mailto:ut.agrosostenibles@gmail.com)

<sup>3</sup> Corporación PBA. [RALvarez@corporacionpba.org](mailto:RALvarez@corporacionpba.org)

### Resumen

En Colombia, la ausencia de programas eficientes de producción de materiales de siembra afecta negativamente la competitividad de los sistemas productivos, siendo este uno de los componentes principales para la diseminación de plagas y enfermedades, lo que a la vez demanda un altísimo uso de agroquímicos que causan el deterioro de los ecosistemas. El cultivo de papa es un sistema productivo que posee alta importancia socioeconómica para los pequeños y medianos productores de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Los ingresos aportados por el cultivo de papa se constituyen como la única fuente directa de desarrollo económico. En torno a la actividad papera la problemática en el altiplano cundiboyacense radica en aspectos como el uso de semillas de baja calidad, la presencia de plagas y enfermedades y la aplicación insuficiente de técnicas de manejo integrado del cultivo e igualmente el uso irracional de agroquímicos, condiciones que en conjunto conllevan a la debilidad social, organizativa y empresarial de los pequeños agricultores.

Con el propósito de reducir el efecto negativo de esta problemática la Pontificia Universidad Javeriana en articulación con la Corporación PBA han desarrollado proyectos de investigación que vinculan a los pequeños productores de Cundinamarca y Boyacá, enmarcados en el enfoque de *Innovación Rural Participativa* [1]. A través de estas acciones se han logrado avances hacia el desarrollo de una agricultura más sostenible en el altiplano. De esta manera, los productores han apropiado e implementado procesos de producción de semillas certificadas de papa; los cuales incluyen el establecimiento y puesta en marcha de un laboratorio para la producción de semilla *in vitro*, el uso de controladores biológicos y la multiplicación de especies de árboles nativos. Estas estrategias han redundado en la obtención de mejores rendimientos en los cultivos en cuanto calidad y cantidad, con menores costos de producción; lo cual ha permitido la generación de nuevos negocios comunitarios para mejorar los ingresos familiares, mejorando la calidad de vida de los papicultores de esta región.

En la actualidad, cinco organizaciones de pequeños productores cuentan con registro propio ante la autoridad competente (Instituto Colombiano Agropecuario-ICA) como productores y comercializadores de semilla certificada. Los productores han adquirido conocimientos relacionados con el manejo integrado de plagas y enfermedades, aplicando acciones racionales del manejo integrado, que han redundado en la disminución del uso de agroquímicos (entre 30% y 40%) y su impacto negativo sobre el medio ambiente.

Bajo este esquema, las capacidades generadas con varios grupos y organizaciones de pequeños productores, han conducido al desarrollo de una agricultura sostenible del sistema productivo papa y al emprendimiento de negocios de producción y comercialización de semilla certificada. Con esto se ha consolidado un Sistema Local de Innovación en papa (SLI papa), conformado por cinco (5) organizaciones de pequeños productores del altiplano cundiboyacense, cuya proyección a mediano plazo es continuar trabajando con proyectos de estas características que fortalezcan la cadena productiva de papa.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen al Consorcio Andino y Colciencias por la financiación de los trabajos

#### Referencias

[1] Corporación PBA. 2014. Enfoque metodológico: La innovación Rural Participativa <http://www.corporacionpba.org/portal/content/enfoque-metodologico-la-innovacion-rural-participativa>. Consultado el 3 de junio de 2014.

## **LA CAFICULTURA COLOMBIANA: UNA OPORTUNIDAD PARA TODOS**

**Uribe F., Carlos Armando**

Gerente Técnico, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

La producción de café es el resultado de una suma de factores. Uno de ellos tiene que ver con la planta, pues dependiendo del tipo de variedad, la producción puede variar. Esa planta en Colombia, es de origen arábigo, consecuente con la promesa de calidad y diferenciación que queremos proyectar como factor de competitividad. En consecuencia, la propuesta investigativa se relaciona con la productividad, la calidad, la resistencia durable a plagas y enfermedades y la adaptación climática.

Otro factor del cual depende la producción es el ambiente, lo que incluye el clima, el suelo y en general nuestros recursos naturales. La lluvia, su cantidad y distribución, el brillo solar, la humedad relativa del ambiente, la del suelo, la temperatura, entre otros, tienen que ver con la producción. Incluso la diferencia entre los valores máximos o mínimos de aspectos climáticos como la temperatura, son definitivos en la fisiología de la planta, que influye en la longitud de los entrenudos, altura de las plantas y en la floración.

Pero sigamos con la suma anotada al principio de este resumen. A la variedad y el ambiente hay que adicionarle el manejo agronómico, como elementos fundamentales de la producción. Ese manejo involucra la densidad, la nutrición, el manejo de las arvenses, el manejo fitosanitario, el establecimiento del sombrero y su regulación, los arreglos forestales y los ciclos de producción. Y finalmente hay que agregar otro factor: la cosecha y la post-cosecha. Es tan definitivo este último factor, que si en el beneficio del café no se realizan las prácticas adecuadas, la producción o la calidad puede ser tan baja que el esfuerzo de muchos meses se puede perder por malas prácticas en unos pocos días o semanas.

Repasemos pues lo anotado, la producción está en función de: la variedad + el ambiente, + el manejo agronómico y + la cosecha o post-cosecha. A propósito, hay sumandos que dependen de nuestras decisiones y en los cuales no podemos equivocarnos; estoy hablando de la variedad, de la densidad, del control de plagas como la broca, de la nutrición y de los ciclos de producción, todos ellos relacionados con el manejo agronómico.

Con base en lo anterior y pensando en que los bienes públicos relacionados con el café, son absolutamente necesarios para la producción del café en Colombia, como los son la Garantía de compra, la Investigación, la Extensión, la promoción y la publicidad y el ordenamiento de la producción hoy tenemos en Colombia las siguientes cifras para la Caficultura Colombiana.

Colombia cuenta con 550.000 familias cafeteras, las cuales cultivan el café en 945.000 hectáreas y en donde 770.000 son hectáreas tecnificadas. Un dato que simboliza el desarrollo de la caficultura Colombiana es el número de hectáreas tradicionales, es decir, áreas con una densidad de siembra por debajo de 2.500 árboles por hectárea y sin ningún tipo de trazo. Pues estas hectáreas en Colombia son solo 33.000 las cuales

seguramente se mantendrán por asuntos culturales o por factores de formalización de la tierra.

Son hoy 640.000 hectáreas las cultivadas en variedades resistentes y 304.000 las susceptibles, sin duda un desarrollo muy satisfactorio que permite decir con tranquilidad, que la mayoría del parque cafetero Colombiano está asegurado para los próximos 20 años.

Son muchos los factores que han incidido para estas positivas cifras. En primer lugar, la calidad del caficultor Colombiano, por su dedicación y su adopción en relación con las prácticas agrícolas y de manufactura originadas en la Investigación y la Extensión. El apoyo del Gobierno Colombiano, pues la ejecución de 193.000 créditos PSF, permanencia, sostenibilidad y futuro, para 191.000 hectáreas por un billón \$130.000 millones, y con el respectivo ICR, incentivo a la capitalización rural, ha sido un factor de éxito para cafeteros con predios por debajo de las 5 hectáreas en café. Sin duda alguna, estos resultados desde al año 2009 hasta nuestros días, reflejan la producción del país, pues hoy la producción de café llega a los 13.1 millones de sacos en los últimos 12 meses y la productividad a los 16 sacos de café verde por hectárea.

Las ciencias básicas y la Universidad desde lo regional, sí que tienen que aportar al desarrollo del café. Si bien es cierto que tenemos innegables resultados, también lo son, los inmensos retos para que Colombia -como lo dice la tradición, la cultura, la oferta ambiental, el reconocimiento a la calidad y el desarrollo socioeconómico del país-, continúe siendo un país que esté a la vanguardia de la producción con calidad del café en el mundo y mejor en muchos otros aspectos.

Sin ninguna duda, la escasez de mano de obra en el sector cafetero Colombiano, es un problema estructural de este importante renglón de importancia socioeconómica para el país. Con el avance de los años, la falta de mano de obra para las diferentes actividades de la caficultura, es cada vez más un problema de cuantía mayor por diferentes razones, como la proliferación de actividades diferentes a la caficultura, las cuales le compiten a este sector con una serie de salarios que incluyen la seguridad social. Salarios que la caficultura por su rentabilidad no puede pagar. Nos referimos a los sectores de infraestructura como las vías, la vivienda y las obras de desarrollo urbano impulsada por el Gobierno Nacional. Los subsidios como el de familias en acción, es un programa de beneficio para muchas familias de escasos recursos económicos, pero que indudablemente han alejado del trabajo agropecuario a quienes se usufructúan de estos beneficios.

Las necesidades de recolectores de café en Colombia son de 620.000 trabajadores cada año, los cuales participan en las dos cosechas en la país. La tecnificación del parque cafetero Colombiano del 96% exige cada vez más recolectores que por los puntos anteriormente citados, ponen en riesgo la recolección de la cosecha de café cuyo costo anual puede ser de 5 billones de pesos. La falta de uniformidad en la madurez, la pendiente de las regiones y la poca concentración de la cosecha en la mayoría de la zonas cafeteras Colombianas, son factores que han incidido en la falta de eficiencia de la recolección de café en Colombia. Este problema, el de la falta de mano de obra, no es de exclusividad de Colombia, también lo es de países productores de café como Centroamérica, Brasil e India. Y la Universidad Colombiana aquí puede cumplir un importante papel desde diferentes miradas, desde la innovación en los equipos de diferente gama, hasta la de la fisiología de las plantas.

Precisamente y luego de 4 talleres sobre la viabilidad de la Caficultura Colombiana realizados con cerca de 180 líderes pequeños, medianos y grandes en todo el país y de diferentes zonas agroecológicas, los factores que según la opinión de los citados participantes más afectan la viabilidad de la caficultura Colombiana en su orden fueron: Mano de obra escasa, costosa y no calificada, alto costo de los insumos, altos costos de producción, falta de política pública hacia el agro, baja tecnificación y baja productividad de los cafetales. Estos interesantes aportes nacidos de los propios cafeteros, son llamados que se hacen al alto Gobierno, a los respectivos Gremios, a las ONGs y por supuesto a las Universidades, para que con el aporte de todos, busquemos soluciones a un renglón de indudable importancia para el presente y futuro de Colombia.

Finalmente estos grupos de trabajo, señalaron que los factores de éxito para tener viabilidad en la caficultura Colombiana son: Promover la asociatividad con la participación de las nuevas generaciones, aplicar las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, promover los cafés especiales para lograr ingresos adicionales y fertilizar con base en análisis de suelos. Estos cuatro factores, por supuesto, invitan también a la Universidad y al direccionamiento del estudio de las ciencias básicas, a hacer inmensos aportes, que seguramente redundarán en el bienestar de las familias cafeteras y la sostenibilidad de la caficultura Colombiana.