

ALGUNOS ELEMENTOS CRÍTICOS SOBRE LA ESTRATEGIA DE LOS PROGRAMAS DE MEJORA GENÉTICA PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN PAÍSES DE AMÉRICA LATINA

Alberto Menendez-Buxadera.

Ing. Agrónomo, PhD., Dr.Sci, Asesor técnico independiente, U.S.A., email: contact@ambuxadera.com

I-Introducción

Como parte de una dieta equilibrada, la leche y los productos lácteos son una fuente importante de energía, vitaminas, proteínas y minerales. Los gobiernos deberían invertir más en programas para hacer que la leche y los productos lácteos estén disponibles para todas familias y especialmente para las más pobres mediante políticas que les ayuden a consumirlos y producirlos a pequeña escala en sus propios hogares. Los resultados hasta el presente son estimulantes, pero aún no satisfacen las necesidades. Son diversos los factores que pueden argumentarse, pero en este documento solo se tratará de presentar el rol de la selección y mejora genética en ganado lechero, un tema muy comentado en el ámbito latinoamericano pero aplicando un enfoque no adaptado a las condiciones de ambiente y sistema de producción de la región.

II-Necesidad de la producción de leche.

En los últimos 30 años se ha desarrollado un proceso denominado de ‘Holstinización’ a nivel mundial, donde la raza Holstein de Estados Unidos y Canadá han sido la de mayor utilización y ha posibilitado incrementos muy notables en los niveles productivos en una gran cantidad de países desarrollados, con condiciones ambientales muy diferentes a los existentes en la región tropical del continente latinoamericano. Esta realidad está avalada por muchos ejemplos que, unidos a la enorme cantidad de material divulgativo disponible en los centros de venta de semen existentes en la región, ha estimulado en gran medida la creencia de que es el ‘**genotipo**’ el elemento que puede transformar la productividad de nuestros rebaños lecheros. Tal estrategia se contrapone a las evidencias reconocidas mundialmente, de que es el ‘**ambiente**’ el que nos permite identificar los individuos más adaptados y productivos en nuestras condiciones ambientales. Sin embargo, el enfoque correcto debe ser: ¿Cuál es y cómo debemos identificar el genotipo más recomendable para las condiciones de ambiente que disponemos? Los expertos coinciden en que... “El animal ideal adaptado a todos los ambientes no existe. Para cada sistema de producción o para cada ambiente existe un genotipo que posibilita aumentar la productividad”. A pesar de ello, la realidad indica que en la mayor parte de los países de América Latina existe una representación de sementales Holstein, la cual representa actualmente un potencial que debe aprovecharse para mejorar el bajo nivel productivo de los animales nativos manteniendo su alto potencial de rusticidad.

III-La interacción genotipo ambiente (Iga), que implica y como se puede atenuar sus efectos.

Los resultados del meta análisis se basa en más de 40 publicaciones revisadas donde tratan este tema, así como los estimados de las correlaciones entre los valores genéticos (**VG**) de

sementales Holstein de Estados Unidos o Canadá con hijas comunes en algunos países latinoamericanos son muy coherentes, de manera que es posible concluir que efectivamente la **Iga** es un factor real y limitante para el desarrollo de la ganadería lechera en el trópico citados.

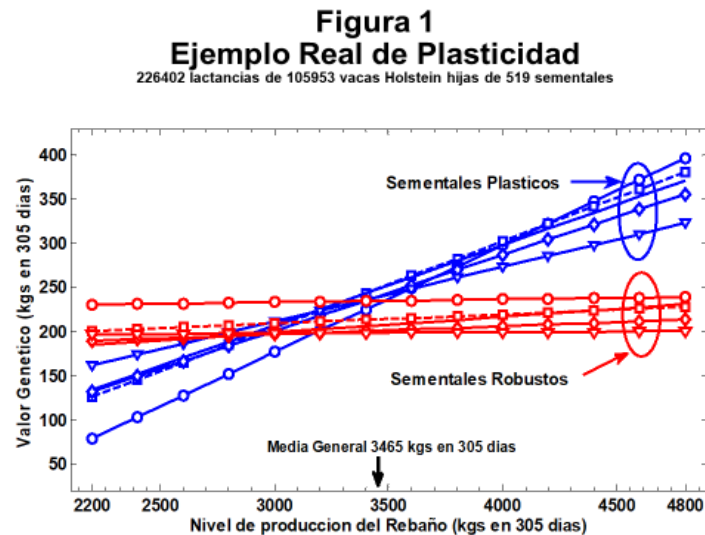
A pesar de tales tendencias, la introducción de sementales o semen de alto nivel productivo proveniente de países desarrollados debe considerarse como una buena estrategia que no se puede renunciar a ella, ya que representan condiciones **necesarias, pero no suficientes** para lograr el éxito:

- **Son condiciones necesarias** porque el alto nivel genético de esas poblaciones de razas especializadas no es casual, sino el resultado de un excelente trabajo de selección continuado y mantenido por muchos años.
- **Son condiciones necesarias** porque mediante el uso de un proceso biotecnológico simple pero efectivo y de bajo costo se acortan las diferencias genéticas entre poblaciones vacunas de orígenes diferentes que han estado sometidas a procesos de selección y mejora muy efectivo en un caso y casi nulo en el otro.
- **Son condiciones necesarias** porque en el proceso de crianza y explotación de esas descendencias se aumenta la experiencia en el manejo y alimentación del ganado lechero en el trópico y son un incentivo para incrementar el nivel profesional y científico de nuestras universidades.
- **Son condiciones no suficientes** por que los efectos de **Iga** restringe y limita la expresión de los genotipos introducidos o nacidos durante en el proceso.
- **Son condiciones no suficientes** para lograr el éxito porque la información sobre los **VG** que sirven de guía en la selección de los progenitores son válidas en condiciones ambientales y sistemas de producción muy diferentes a las existentes en el trópico.
- **Son condiciones no suficientes** por que las progenies correspondientes nacidas en el trópico son portadoras de una muestra de un genofondo altamente especializado en la producción de leche, seleccionados durante muchas generaciones en condiciones ambientales muy diferentes a las existentes en la región pudiéndose manifestar negativos efectos colaterales que deben tomarse en cuenta.
- **Son condiciones no suficientes** porque al no existir sistemas de controles individuales no se dispone de la información necesaria para evaluar el **VG** de las descendencias nacidas en el trópico, lo cual limita o impide identificar aquellos animales cuya combinación genética le permiten manifestar un mayor nivel productivo y de adaptación a nuestras condiciones.

Como se apuntó previamente, aun con todas esas críticas previas, no se puede renunciar a ese procedimiento porque se crean las combinaciones genéticas que pueden ser muy favorables y que debemos identificar.

Los elementos previos se basan en el hecho de que los mejores sementales en el **ambiente alto** no son los mejores en el **ambiente bajo**, debido a los efectos de **Iga**. En biología existe la

propiedad de que un genotipo puede manifestar diferentes fenotipos en función de su capacidad de adaptación a cambios ambientales y esto puede cuantificarse mediante procedimientos estadísticos adecuados aprovechando las poblaciones de animales puros o cruzados mantenidos en el trópico y sujetos a un buen sistema de control. Esta alternativa posibilita clasificar los animales como **‘estables o robustos’** si no manifiestan cambios en su comportamiento en toda la gama de condiciones ambientales, es decir animales que manifiestan una adecuada capacidad adaptativa y como **‘no estables o plásticos’** en caso contrario. Un ejemplo con datos reales de Cuba se presenta en la figura 1.

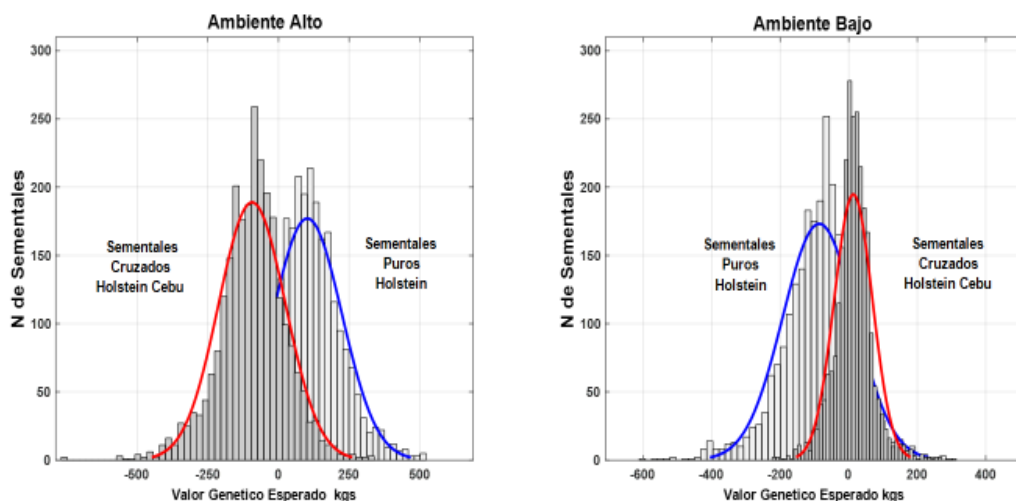


Nótese que basados en la media de los datos indicados con una flecha en la figura 1, no se puede diferenciar entre ambos tipos de sementales, esta es la posible respuesta del uso de los modelos clásicos. Igualmente nótese la envergadura que puede implicar la variante de seleccionar sementales atendiendo solamente por sus resultados en **‘ambiente alto’** es decir genotipos **‘plásticos’** ya que, si fallan las premisas del paralelismo que debe existir entre ‘el genotipo’ y ‘el ambiente’, los resultados serán totalmente contrarios cuando sus progenies se exploten en **‘ambiente bajo’**.

Otro ejemplo de estos principios se presenta en la figura 2 en la cual se han evaluado de conjunto ya que ambos grupos de sementales Holstein puros y cruzados estaban conectados con antecesores comunes animales.

Figura 2

Evaluación conjunta de sementales Holstein puros (1585) y Cruzados con Zebu (831) en dos niveles de ambiente. (478555 lactancias)



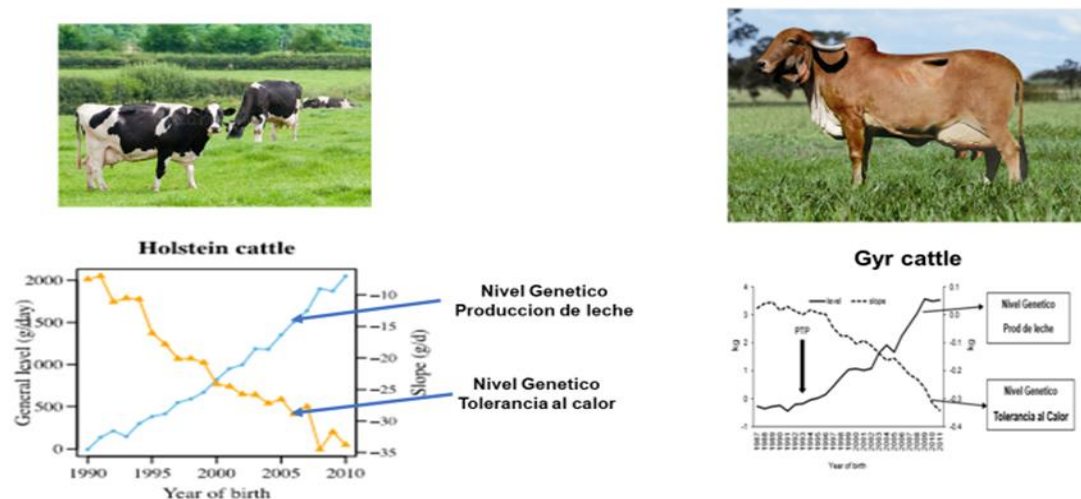
El elemento que debe resaltarse es que, en condiciones de **ambiente de alto**, la media de los sementales Holstein puros fue superior a los cruzados, sin embargo, la tendencia fue contraria en **ambiente bajo**. En ambas condiciones se evidencia la existencia de algunos sementales cruzados que fueron mejores que los puros en ambiente alto y algunos sementales puros fueron mejores que los cruzados en ambiente bajo. La identificación de aquellos sementales que reúnen una combinación genética muy favorable a los objetivos del programa de selección y mejora solo fue posible porque existía una base de datos apropiada y se aplicó un modelo estadístico en el cual compiten todos los animales puros y cruzados en ambas condiciones ambientales.

IV-Comentarios finales.

Los resultados presentados en este documento son coherentes y demuestran que el procedimiento aplicado en una gran cantidad de países que basan su programa de mejora genética en la introducción de animales, embriones o semen de razas especializadas no han dado los resultados esperados ya que solo representan condiciones necesarias, pero no suficientes. Para obtener el éxito deben dedicar los recursos necesarios para desarrollar un sistema de controles que permitan realizar la evaluación genética de esos genotipos introducidos, ya sea puros o en cruzamiento con las hembras nativas, en las condiciones de explotación de la región, solo de esta forma se puede garantizar que los resultados sean cercanos a lo que se requiere. Mientras que los países desarrollados tienen una estrecha colaboración y un protocolo muy semejante entre sus programas de mejora mediante la actividad coordinadora de un organismo denominado **Interbull**, en la región latinoamericana la realidad es lo contrario. En este continente, cada país tiene sus propias normas, no existe conexiones entre poblaciones con un origen o composición genética similar, de manera que los resultados no son comparables. Acaso es un sueño desarrollar un **Interbull tropical** que agrupe los esfuerzos de varios países de la región en la actividad de selección y mejora genética.

Finalmente se debe resaltar que hay que atender también algunos efectos colaterales negativos que se están manifestando sobre tolerancia al stress térmico, tanto en animales B.taurus (Holstein) como B. Indicus (Gyr). Los resultados disponibles sobre tolerancia al calor se presentan en la figura 3.

Figura 3. Tendencias de relaciones negativas entre producción de leche y resistencia al calor.



Este artículo es una síntesis de una conferencia impartida en el marco de la Federación Latino Americana de lechería el 14 de septiembre, 2017. Puede consultarse en: <http://fepale.org/infoleche/2017/09/14/el-rol-de-la-genetica-y-seleccion-como-herramientas-para-incrementar-la-produccion-de-leche-en-paises-de-america-latina/>

Agricultura de Precisión desarrollada en Panamá

Guillermo Montilla¹, Iván Armuelles², Eder Contreras³ y Luigi Frassato⁴

¹Ph.D. Yttrium-Technology Corp. Panamá. ²Ph.D. Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación. Universidad de Panamá. ³Estudiante. Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación. Universidad de Panamá. ⁴Ing. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Venezuela.

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar los proyectos de Agricultura de Precisión de tipo institucional desarrollados en Panamá, siendo estos proyectos desarrollados por la cooperación de universidades e instituciones de Estado como son MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) e IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). Presentaremos además nuestro propio proyecto de Agricultura de Precisión, realizado con la cooperación de las instituciones: MIDA-Región-1, IDIAP-Alanje, Facultad de Ciencias Agrícolas (FCA) y Facultad de Electrónica e Informática (FEI), ambas de la Universidad de Panamá.

1. Introducción

La mecanización del Siglo XX originó una gran revolución en la agricultura y en el Siglo XXI la Agricultura de Precisión surge impulsada por conceptos económicos como la sustentabilidad y el ahorro de costos de producción. La Agricultura de Precisión usando drones y teledetección, está basada en los mismos conceptos de visión remota usado en la tecnología satelital pero usando como medio de transporte los drones. Ventajas evidentes como mucho menor costo, cien veces mayor resolución espacial que las imágenes satelitales y la masificación, la hacen un excelente modelo para el monitoreo de los cultivos, la predicción del rendimiento agrícola, y la evaluación prematura de problemas en los cultivos como estrés hídrico y nutricional, plagas, etc. La Agricultura de Precisión con drones involucra cinco tecnologías: Sistemas de posicionamiento global (GPS), Sistemas de información geografía (GIS), Teledetección o Percepción Remota, Tecnologías de dosis variable (sensores, controladores y otros) y Análisis de datos geo-referenciados. El verdadero potencial de la Agricultura de Precisión va estar marcado por el uso de una tecnología adicional a estas como es la Inteligencia Artificial, esencialmente el uso de las técnicas denominadas “Deep Learning” o Aprendizaje Profundo. El productor podrá contar con instrumentos de monitoreo de cultivos basados en Inteligencia Artificial a muy bajo costo instalados en su propio teléfono inteligente.

Según [1] y [2] algunas de las aplicaciones de la Agricultura de Precisión basada en drones y detección remota son:

- Seguimiento de la salud de los cultivos durante la temporada de crecimiento
- Identificación de estrés hídrico de los cultivos
- Indicación de clorofila
- Detección temprana de enfermedades de las plantas
- Detección de plagas
- Detección de la aparición temprana de malezas nocivas e invasoras
- Recomendaciones de nitrógeno

¹ montillaleon@yttrium-technology.com

- Predicción del rendimiento del cultivo
- Identificación de problemas que limitan el rendimiento
- Optimización de los insumos como fertilizantes
- Clasificación de árboles
- Conteo de plantas
- Discriminación de cultivos
- Estimación de biomasa
- Indexación del área foliar
- Seguimiento de las tasas de crecimiento
- Evaluación de la cobertura del canopio
- Planificación del drenaje
- Eficiencia de riego y gestión del agua
- Análisis de escenarios para toma de decisiones

Se puede evaluar la recomendación del Nitrógeno en las plantas, se pueden clasificar los árboles, también se puede hacer un conteo de plantas o estimar la Biomasa, y mucho más, pero el mejor uso en agricultura parece ser determinar si las plantas se encuentran saludables mediante la técnica llamada NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada). Otros índices han sido propuestos aparte del índice NDVI. Determinar el índice NDVI georeferenciado es el objetivo central de un sobrevuelo de drones y la teledetección. Los drones no solo toman fotografías, sino que capturan una gran cantidad de datos sobre la salud de los cultivos. Pero, ¿Qué datos debemos usar?

La esencia de la Agricultura de Precisión es identificar rápidamente los problemas antes que las personas lo hagan. Las plantas muestran estrés en NIR “Infrarrojo cercano” antes que el espectro de luz visible, lo que significa que se puede detectar incluso el menor estrés de cultivo días o semanas antes de que el productor sea capaz de hacerlo a simple vista o con un sensor RGB. El mapeo NDVI ayuda a detectar pronto los problemas para que el productor pueda tomar medidas para mejorar la salud del cultivo antes de que sea perjudicial para sus rendimientos. Un drone se desplaza a mayor velocidad que cualquier otro vehículo sobre un terreno plano o irregular, recorriendo una finca a razón de menos de un minuto por hectárea. Aun en el caso de monitoreo simple con cámara RGB la ventaja del drone es enorme. Pero la cámara multi-espectral le provee un potencial de evaluación de la salud del cultivo sin precedentes. Solamente superados por los satélites pero los drones superan a los satélites en demasía, por ejemplo en costos y una resolución de imagen 100 veces mayor. Los UAV (Vehículo Aéreo no Tripulado) pueden ser programados para realizar vuelos para el monitoreo de los cultivos, y para determinar cinco variables importantes que son: nutrición, estrés hídrico, enfermedades, plagas y hierbas. Una función importante es detectar el estado de salud (nutrición de la planta) para el uso óptimo de fertilizantes sólo en las zonas en las que es necesaria su aplicación.

La Figura 1 muestra el flujo de trabajo que estamos usando en nuestro proyecto de Agricultura de Precisión en Panamá usando drones, el flujo de trabajo incluye los siguientes seis pasos, ver Figura 1:

1. Toma de datos usando como sensor remoto una cámara NDVI o cámara RGNir.
2. Procesamiento de los datos para generar los mapas de salud.
3. Exploración del cultivo guiada por los mapas de salud.
4. Análisis de los datos para generar los mapas de dosis o mapas de prescripción.

5. Exportación del mapa de prescripción al equipo de aspersión o pulverización.
6. Aplicación del fertilizante u otro insumo.

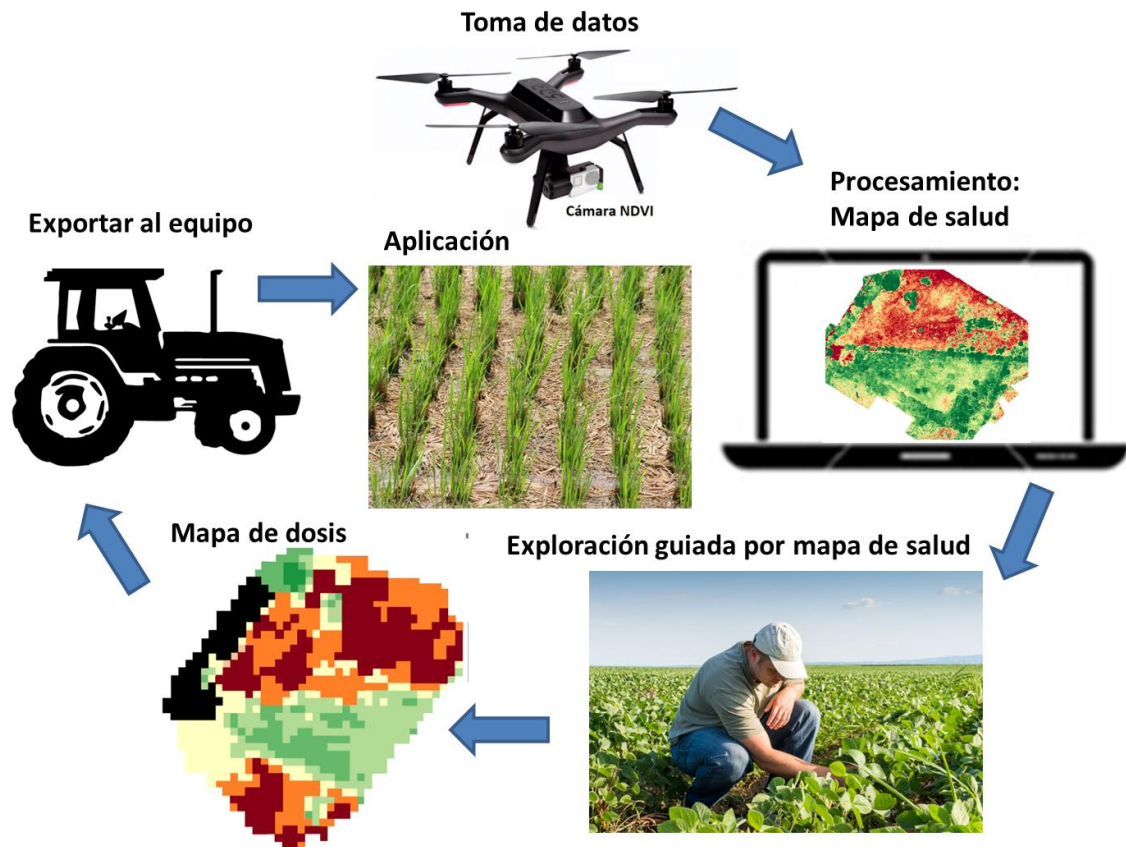


Figura 1. Flujo de trabajo de la Agricultura de Precisión usando drones.

La Agricultura de Precisión se fundamenta en la aplicación de dosis variables, bien sea fertilizantes, la semilla e incluso el agua en situaciones extremas. En nuestro proyecto el mapa de prescripción o mapa de dosis, es generado a partir del mapa de salud. El ancho de la pulverizadora es ingresado y esta información modifica la cuantificación espacial como es mostrado en la Figura 1 (ver mapa de dosis). En esta figura el mapa de dosis provee cuatro colores correspondientes a igual número de dosis de agroquímicos. Para determinar la dosis de insumos como Nitrógeno utilizamos la correlación entre el índice de salud y el contenido de nitrógeno del suelo y convertimos los valores del índice de salud en una tasa de aplicación de nitrógeno en galones/Ha. El mapa de dosis se exporta en formato “Shapefile” (SPH) al monitor del aplicador. Las boquillas de velocidad variable del aplicador garantizarán la velocidad correcta, el tiempo correcto y la aplicación correcta de N u otro insumo.

2. La Agricultura de Precisión en Panamá

En Panamá se pueden implementar programas de Agricultura de Precisión con drones y detección remota a diferentes escalas, a nivel de cultivos como arroz, maíz, tomate, melón, palma aceitera, etc. 10 minutos son suficientes para un sobrevuelo de una pequeña finca y un par de horas para el procesamiento de los datos. La información lograda es sumamente útil para apoyar la toma de decisiones en tiempo real. Los beneficios son: aplicación optimizada de los

agroquímicos, estimación de rendimiento, la detección temprana de enfermedades y plagas, detección de estrés hídrico y nutricional, y la cuantificación de los cambios en el cultivo a lo largo del tiempo. Las ventajas son: un mejor manejo de lo que está siendo cosechado, ahorro en los insumos y mejor aprovechamiento de los mismos.

En Panamá se están desarrollando actualmente tres proyectos institucionales de Agricultura de Precisión financiados por la Senacyt (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación). A continuación se listan estos tres proyectos, el primero de ellos es nuestro propio proyecto presentado en la Sección 1. En lo que queda de esta sección hablaremos de los otros dos proyectos.

- Agricultura de Precisión mediante Tecnología Lidar y Multiespectral.
- Diseño de un sistema experto basado en firmas espectrales de coberturas agropecuarias en Panamá.
- Implementación y promoción del uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT) para aplicaciones agrícolas y ambientales en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá.

Una contribución importante a la Agricultura de Precisión en Panamá es el trabajo del grupo de investigadores de la Universidad Tecnológica de Panamá bajo el liderazgo del Dr. José Fábrega, dentro del proyecto denominado “Diseño de un sistema experto basado en firmas espectrales de coberturas agropecuarias en Panamá” el cual es financiado por la Senacyt.

El Dr. Fabrega y sus colaboradores han demostrado que es posible utilizar las firmas espectrales para distinguir los grupos por fase fenológica en el caso de las variedades cultivables de arroz FCA 616FL e IDIAP 54-05. Esto es mostrado en la Figura 2 tomada de [3]. El objetivo de este proyecto es realizar un análisis prospectivo de las longitudes de onda que pueden ser utilizadas para reconocer un cultivo de arroz por su estado fenológico y su variedad. La curva de reflectancia espectral o firma espectral es la forma peculiar en la que una determinada cobertura terrestre (zona vegetal de cultivos o de bosques) responde en distintas longitudes de onda; esto es importante para reconocer coberturas de interés, discriminarlas de otras similares y determinar características o parámetros dentro de ésta, por lo que la obtención de las firmas espectrales se recomienda como punto de partida en trabajos de teledetección [4].

La teledetección es una técnica imprescindible en la Agricultura de Precisión y se ha utilizado para la clasificación de coberturas vegetales y cuantificación de variables agronómicas. Las medidas de reflectancia son utilizadas para desarrollar índices espectrales de vegetación. Ejemplos de estos índices son el índice NDVI “Normalized Difference Vegetation Index”, el índice SAVI “Soil Adjusted Vegetation Index” y el índice MTVI “Modified Transformed Vegetation Index”, los cuales se correlacionan a variables como: área foliar, biomasa, contenido de nitrógeno, contenido de clorofila, detección de enfermedades, etc. [3]. El trabajo del Dr. Fábrega y colaboradores tiene como objetivo encontrar cuáles longitudes de onda son las más favorecidas para distinguir entre tres estados fenológicos del cultivo de arroz (vegetativa, reproductiva y maduración).

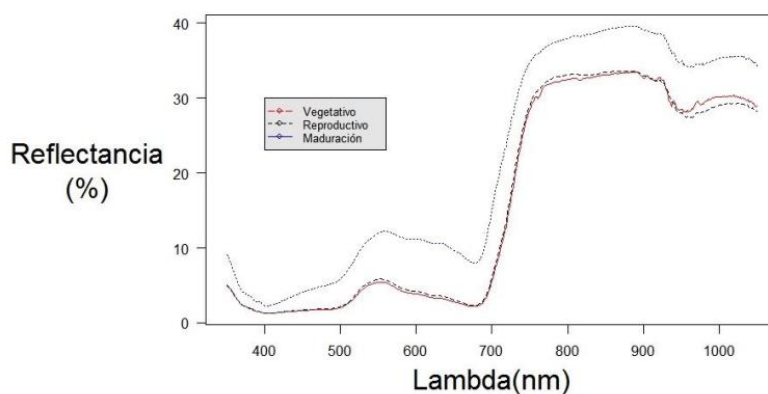


Figura 2. Firmas espectrales promedio del estado vegetativo, reproductivo y de maduración de la variedad FCA 616FL. Cortesía de Dr. José Fábrega y colaboradores.

Otra contribución importante a la Agricultura de Precisión en Panamá es el trabajo del grupo de investigadores Félix Guerra y José Castillo del Departamento de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá (Sede Chiriquí), dentro del proyecto denominado “Implementación y promoción del uso de vehículos aéreos no tripulados (VANT) para aplicaciones agrícolas y ambientales en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá”. Éste es también un proyecto financiado por la Senacyt.

El objetivo del proyecto de los profesores Guerra y Castillo es desarrollar un centro para el entrenamiento de técnicos y agricultores. El proyecto busca entrenar, demostrar e incentivar el uso de drones en la agricultura panameña mediante seminarios y cursos prácticos; para impulsar la eficiencia en los campos agrícolas, forestal y ambiental; reducir costos operativos y aumentar la productividad de éstas industrias. En este proyecto se manejan dos niveles de aplicación, el primero especializado en aplicaciones de defensivos agrícolas y el segundo dedicado a la detección remota o teledetección de plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales. Los autores de este proyecto recibirán el entrenamiento en fábrica para posteriormente capacitar a otros capacitadores en el uso, operación y mantenimiento de drones agrícolas.

3. Agradecimientos

Agradecemos a las siguientes instituciones: MIDA Región 1 de Chiriquí, Facultad de Informática y Electrónica de la Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Panamá, Universidad Autónoma de Chiriquí y el IDIAP-Alanje. Agradecemos al Laboratorio de Fertilidad de Suelos del IDIAP-Divisa por los estudios de suelos, al Laboratorio Regional Fitodiagnóstico de David (LRFDDA), Región 1, Chiriquí, por los estudios de Nematología. Agradecimiento a los Profesores José Fábrega de la Universidad Tecnológica de Panamá y al Profesor José Castillo de la Universidad de Panamá por su colaboración con la información recibida de sus proyectos. Nuestro agradecimiento a la Senacyt por el financiamiento del proyecto “Agricultura de Precisión mediante Tecnología Lidar y Multiespectral”.

4. Conclusiones

Hemos presentado los avances y contribuciones de tres proyectos con objetivos distintos dentro del mismo área de la Agricultura de Precisión. Estos tres proyectos están contribuyendo con el desarrollo de esta práctica agrícola para beneficio de los pequeños productores de Panamá.

Hemos presentado los principios que sustentan la Agricultura de Precisión y propuesto un flujo de trabajo accesible a los productores.

5. Bibliografía

- [1] Rodolfo Bongiovanni, Evandro Chartuni Mantovani, Stanley Best, Álvaro Roel (Editores). Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. <http://www.procisur.org.uy/adjuntos/135050.pdf>
- [2] Evandro Chartuni Mantovani, Carlos Magdalena (Editores). Manual de Agricultura de Precisión. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). http://www.procisur.org.uy/adjuntos/fb97915de88a_ura_de_precision.pdf
- [3] Serrano, Jorge, Fábrega, José, Quirós, Evelyn, Sánchez-Galan, Javier, Jiménez, José U. 2017. "Análisis prospectivo de la detección hiperspectral de cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.)", Proceedings of the Sixth Engineering, Science and Technology Conference "Tendencies and Challenges in Engineering, Science and Technology" (ESTEC 2017) October 11 - 13, 2017 Panama City, Panama. In press.
- [4] Emilio Chuvieco. (2010). "Teledetección Ambiental". Edición 2010, Editorial Ariel, pag. 18,46,55.