

January 2013

Evolución de los desarrollos estadísticos en la agronomía

Martha Tatiana Pamela Jiménez Valderrama
Universidad de La Salle, Bogotá, tjimenez@unisalle.edu.co

Milton Armando Reyes Villamil
Universidad de La Salle, Bogotá, mreyesv@unisalle.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ruls>

Citación recomendada

Jiménez Valderrama, M. T., y M.A. Reyes Villamil (2013). Evolución de los desarrollos estadísticos en la agronomía. *Revista de la Universidad de La Salle*, (62), 307-321.

This Artículo de Revista is brought to you for free and open access by the Revistas de divulgación at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Revista de la Universidad de La Salle* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Evolución de los desarrollos estadísticos en la agronomía

Martha Tatiana Pamela Jiménez Valderrama*

Milton Armando Reyes Villamil**

■ Resumen

El año 2013 es el Año Internacional de la Estadística, y uno de los propósitos es dar a conocer los aportes que esta disciplina ha realizado a lo largo del tiempo para el beneficio y desarrollo de la sociedad. Una de las áreas en la que la estadística ha sido un complemento casi que indispensable ha sido la agronomía, y es la relación histórica entre estas dos ciencias la que nos motiva a presentar un breve recuento de algunas contribuciones que la estadística ha tenido dentro del desarrollo de la agricultura, enmarcado dentro del potencial investigativo interdisciplinar del programa de Doctorado en Agrociencias de la Universidad de La Salle.

Palabras clave: estadística, agricultura, métodos de investigación.

* Estudiante del Doctorado en Agrociencias de la Universidad de La Salle. Magíster en Ciencias Estadística de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro del Grupo Asesor y Consultor en Estadística y Matemáticas ACEM de la Universidad de La Salle. Profesora del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de La Salle. Correo electrónico: tjimenez@unisalle.edu.co

** Doctor en Ciencias Matemáticas de la Universidad Nacional de Colombia. Magíster en Ciencias Matemáticas de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro del Grupo Asesor y Consultor en Estadística y Matemáticas ACEM de la Universidad de La Salle. Profesor del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de La Salle. Correo electrónico: mreyesv@unisalle.edu.co

Presentación

El 2013 ha sido declarado como el Año Internacional de la Estadística (Statistics2013)¹. Reconocer la contribución que ésta ha realizado al desarrollo de la sociedad es uno de los principales propósitos a lo largo de este año, y para ello se han planeado diferentes actividades que buscan dar a conocer su impacto en diversos contextos, así como motivar el estudio de las ciencias estadísticas en pro de la formación de profesionales en esta rama del conocimiento.

Y es que además del papel que tiene la estadística dentro del ámbito de la matemática y su enseñanza, sus aportes en áreas tan importantes como la medicina y la agronomía son indiscutiblemente amplios y destacables. En particular, el trabajo estadístico en la agricultura ha generado a lo largo de la historia diversos resultados de investigación, los cuales, con base en la labor que realizan los agricultores, buscan presentar un mejor uso del conocimiento existente en sus prácticas teniendo como variable principal los recursos disponibles. Algunos de los ejemplos más destacados son la *Revolución Verde* ocurrida entre 1940 y 1970 en Estados Unidos, y el desarrollo en el Reino Unido de todas las formas de producción agrícola, donde en las últimas décadas los rendimientos por hectárea de trigo y de papa se han triplicado (Gower, 1988). De manera muy general, puede decirse que los avances agrícolas han sido posibles gracias a la experiencia y a los resultados de investigación que promueven un mejor uso de los fertilizantes, nuevas técnicas en la cría de animales, así como en el control de plagas y de enfermedades, llevando así a nuevas prácticas agronómicas y cambios en la alimentación animal, entre otros.

Lo anterior muestra que la estadística ha sido una base esencial en la investigación científica en la agricultura. Como afirma Gower (1988), posiblemente, una gran cantidad de estos avances no se habrían dado sin la intervención de la estadística. Al respecto, también hay que destacar que el desarrollo de la ciencia estadística, sus técnicas y métodos, se han dado gracias al planteamiento de problemas particulares de la sociedad, problemas que tiempo después lograrían mostrar el alcance y la potencia de una investigación que para algunos

¹ Para más detalles sobre los eventos organizados alrededor de esta celebración, véase <http://www.statistics2013.org>

pudo ser considerada puramente teórica en un primer momento. Y claro, no podemos dejar de mencionar que además de los avances en la ciencia agrícola, la generación de conocimiento estadístico en este contexto ha significado ahorro de dinero. Una ilustración de esta afirmación se encuentra en el trabajo de Patterson y Silvey (1980), donde se muestra una cifra de alrededor del 70% en el ahorro en el uso de la tierra y la mano de obra bajo ciertas prácticas agrícolas en el Reino Unido.

La *relevancia* de los métodos estadísticos en la agricultura nos motiva a presentar en este artículo un breve recuento histórico de algunos desarrollos de la estadística en la agricultura; la intención es proponer una línea de pensamiento y de trabajo en la investigación estadística que se desarrollará en el programa de Doctorado en Agrocencias de la Universidad de La Salle. Si bien aquí no presentamos un enfoque de investigación particular, ni tampoco sentamos las bases teóricas de alguna metodología de investigación, sí consideramos que la investigación estadística que se desarrolle en este programa debe tener en cuenta los avances que en este campo se han hecho con el fin de proponer nuevas técnicas que sirvan para dar soluciones a problemas de nuestra sociedad.

La posición de la Universidad de La Salle

Como sabemos, la Universidad de La Salle no es ajena a la realidad del sector agrario colombiano y confía en que el desarrollo de éste contribuye al fortalecimiento del tejido social del país, así como a la solución de problemáticas a nivel mundial en este sector. Bajo este panorama, y con la puesta en marcha del programa académico de Doctorado en Agrocencias como una alternativa de trabajo investigativo interdisciplinar, coincidimos con la Universidad en que la búsqueda de generación de nuevo conocimiento que aporte ideas y procesos innovadores al crecimiento y sostenibilidad del sector agrícola de nuestro país, debe ser uno de los pilares del programa. No obstante, al perseguir tal generación de conocimiento surgen algunas dificultades que inmediatamente dan paso a la formulación de diversos interrogantes. Por ejemplo, ¿cómo un país megadiverso, con características de trópico, lo hacen ideal para la producción continua de alimentos, que lo pueden posicionar como una potencia mundial

ha quedado rezagado? La orientación hacia una posible respuesta a esta pregunta deberá tomar en cuenta la siguiente idea del Hno. Carlos Gómez:

[...] Hay que contar también con las debilidades existentes, entre otras, la urgencia de hacer crecer los niveles de productividad, la frágil infraestructura existente en el campo, los temas de seguridad, la conversión de tierras dedicadas a la ganadería extensiva para la agricultura, la necesaria capacidad de añadir conocimiento a la producción, los irresueltos temas de propiedad y concentración de tierra, los pasos hacia una agroindustria más sofisticada con mejor posibilidad de posicionamiento en los mercados internacionales y, por sobre todo, elevar las condiciones de dignidad de vida de los pobladores de las áreas rurales del país donde necesariamente se centra la producción agropecuaria (Gómez, 2012).

Las debilidades que aparecen al buscar la generación de nuevo conocimiento que ayude a alcanzar lo que el Hno. Carlos comenta, muestran que las iniciativas que pueden contribuir al desarrollo del sector agrícola no solo están relacionadas con el nivel y calidad de la producción, sino que también incluyen el uso y conservación de los recursos naturales, la generación de nuevas políticas regionales que promuevan y estimulen el crecimiento del sector rural, así como la implementación de modelos de desarrollo que tengan en cuenta el bienestar humano. En otras palabras, se requiere la construcción e implementación de nuevos modelos en los que no sólo se involucren variables complementarias a las económicas y productivas, sino que además estén contextualizados al tipo de geografía de nuestro país, ya que como lo manifiestan Romero y Villamil (2011) una de las principales razones que explican el poco desarrollo del sector agrícola es la adopción de modelos de producción que no se ajustan a las condiciones de un tropical.

Y precisamente es allí donde se justifica el enfoque holístico de la apuesta a un doctorado interdisciplinar, ya que como bien ellos lo afirman, el entender y comprender las complejas relaciones que existen en los ecosistemas tropicales permitirían abordar de una manera sostenible la explotación de los recursos agrícolas, dentro un contexto social y acorde con la biodiversidad específica de Colombia:

Uno de los retos principales consiste en generar o apropiarse del conocimiento científico necesario para entender la complejidad biofísica, socioeconómica y cultural del trópico; evaluar y valorizar a través del conocimiento sus recursos naturales; aprovechar en forma sostenible la variabilidad genética existente; al mismo tiempo, desarrollar procesos y productos de innovación tecnológica que se ajusten a la oferta ambiental y tropical y a las nuevas demandas del mercado, sin desconocer el desarrollo humano (Romero y Villamil, 2011).

De esta manera, considerar la biodiversidad particular de Colombia a la hora de construir e implementar modelos agrícolas que sean pertinentes con la realidad y amigables con el medio ambiente es uno de los retos para los investigadores en estadística. Esto, nos lleva a indagar, apreciar y estudiar el alcance de las técnicas estadísticas desarrolladas a lo largo de la historia que dieron solución a problemas propios de la agricultura con el fin de vislumbrar las posibles mejoras o nuevas variables que se deben considerar a técnicas ya reportadas, a la hora de proponer un método estadístico para el tipo de geografía, economía y estado social de nuestro país.

Primeros trabajos en investigación

Desde finales del siglo XVIII y hasta el siglo XX la historia del desarrollo de técnicas estadísticas en la agricultura tiene, según Gower (1988), al menos tres etapas bien diferenciadas. En la primera de ellas podemos apreciar los comienzos de la agricultura científica en la que se estudiaron experimentos de campo para obtener información sobre la nutrición de las plantas, periodo que tomó parte de la primera guerra mundial. La segunda etapa, entre la primera y segunda guerra mundial, se destacó por los desarrollos de Fisher mediante su diseño de experimentos como disciplina estadística, posibilitando así la aplicación de nuevas ideas a la agricultura, la medicina, el desarrollo industrial, y por supuesto, de la estadística matemática. Finalmente, la tercera etapa, la cual se presentó en años posteriores a la guerra, mostró un gran avance en la elaboración y unificación de lo hecho hasta ese momento, pero con la vista puesta hacia nuevas y nacientes direcciones en la investigación agrícola, como lo fue el caso de la biología molecular, y las nuevas formas de medición gracias

a instrumentos más avanzados, desarrollos informáticos y posterior software estadístico para la agricultura.

Dentro de estos tres periodos se presentaron diversos desarrollos estadísticos que buscaron dar respuesta a problemas puntuales de la agricultura. Un ejemplo de ellos se encuentra en el periodo 1939-1945, pues la guerra en este periodo tuvo un cambio de radical importancia en la aplicación y desarrollo de la estadística. La razón de ello es que durante la guerra una gran cantidad de los pocos estadísticos disponibles trabajaban en el Ministerio de la Unidad de Investigación de Manejo de Suministros (Ministry of Supply's Operational Research Unit), entidad que estableció como política el manejo racional del uso de los suministros de fertilizantes fosfatados y potásicos, lo cual, mediante diversas investigaciones conllevó a que el uso de fertilizantes nitrogenados se podía hacer en casi todos los cultivos, teniendo en cuenta que el fosfato y potasio deben ser utilizados solamente con cultivos sensibles, tal como es el caso de la papa. Así, si los suministros se cambian, los estudios mostraron que los niveles recomendados deben cambiarse de forma aditiva y no proporcionalmente; esto representó un cambio de paradigma en la formulación estadística de los cultivos. Los resultados de investigación fueron publicados por Crowther y Yates (1941) y sirvieron como base para el racionamiento de fertilizante, pues este se podría ajustar de acuerdo con las disponibilidades de los fertilizantes importados. Tal como afirma Gower (1988), además de la importancia de la estadística en estos descubrimientos, se destacó el manejo de encuestas durante los años de guerra cuando era fundamental contar con una evaluación precisa de los recursos nacionales y el uso que debía dárseles.

Otro de los aportes destacados de la estadística en la agricultura fue el cambio de panorama en la investigación. Gran parte de la innovación estadística asociada con la investigación agrícola había sido de origen británico, pero las ideas que habían comenzado a extenderse en el extranjero durante la década de 1930 se habían adoptado en muchos países. Por ejemplo, y siguiendo a Gower (1988), dentro de estos se destacan los aportes en Estados Unidos, y más exactamente, realizados en los departamentos de Ames, Iowa, Raleigh y Carolina del Norte. Al respecto, Kempton y Talbot (1988) presentan una descripción muy completa de dichos aportes en la investigación estadística en la agricultura.

Otro ejemplo de la investigación estadística en la agricultura es la identificación de las plagas de los cultivos. Esta identificación demanda tanto investigadores en taxonomía como estadísticos interesados en la biometría. Los resultados en esta línea de trabajo fueron los esquemas de clasificación y métodos de diagnóstico, ambos obtenidos por Payne y Preece (1980). A partir de ellos se han sentado bases para técnicas multivariadas, las cuales han encontrado aplicación en el contexto de estudios ecológicos. Sumado a esto, el contenido gráfico en el análisis de datos es otro de los logros de los estadísticos. De hecho, ha fomentado un interés general en la ecología de los insectos, interés que ha motivado el estudio de dinámicas poblacionales y de la diversidad local y regional con las propiedades características del espacio en cuestión. El modelamiento estadístico aquí tiene que vérselas con los factores que controlan la resistencia a los insecticidas, factores que a su vez relacionan la genética con la dinámica de poblaciones; "los problemas de muestreo de las poblaciones de insectos han conducido a una preocupación especial con forma de ajuste, comparando, y distinguir entre diferentes distribuciones discretas" (Gower, 1988).

En toda la etapa de divulgación y el desarrollo de técnicas estadísticas en la agricultura, las compilaciones de los resultados de investigación no se hicieron esperar. Dentro de estas, se destacan los siguientes trabajos: los métodos de muestreo para censos y encuestas de Yates (1949), los métodos de ensayo en asuntos biológicos de Finney (1947, 1952), los bioensayos y el diseño de experimentos de Cochran y Cox (1950), las clases de diseño de experimentos de Finney (1945) y de Patterson y Williams, (1976), así como los trabajos de Preece, Bailey y Patterson, (1978) sobre el azar, junto con la experimentación con animales que recibió gran atención en los Estados Unidos (Gill, 1978).

Es un hecho para destacar que los estudios estadísticos en la agricultura no sólo se ocupan de diseñar experimentos de campo. Ya sea a nivel empresarial, o en un trabajo teórico, los investigadores estadísticos en la agricultura también se han preocupado por los trabajos de laboratorio. Precisamente, en los últimos años el desarrollo de avanzados equipos de laboratorio, así como la oferta de programas computacionales ha permitido avanzar en este campo como nunca antes se había visto. Una de las mayores diferencias entre la investigación con esta tecnología *moderna* y la de las épocas de guerra mencionadas

anteriormente, es que ahora se tienen instrumentos en los que las muestras son tratadas como registros continuos, lo cual permite determinar los niveles de concentración de diferentes constituyentes químicos y brindar respuestas a diferentes pruebas de frecuencias. No obstante, y tal como afirma Gower (1988), aun cuando las técnicas multivariadas como estas permiten analizar una diversa cantidad de datos, su no consideración de la naturaleza secuencial de la información hace que se necesite de métodos especiales que sí consideren este factor; la rama de la estadística que trata este tipo de situaciones es conocida como *quimiometría*. Este hecho es muy importante, pues ilustra el surgimiento de nuevas áreas del conocimiento estadístico en problemas puntuales que no tuvieron una solución con metodologías clásicas.

Áreas recientes de investigación estadística

Para algunos académicos, la mayoría de los logros interesantes en la ciencia se producen en respuesta a los problemas del mundo. Si aceptamos esta tesis, entonces la evolución estadística en la agricultura será un buen ejemplo. El artículo de Curnow (1984) es una buena ilustración de esta concepción, de cómo la formulación de problemas puntuales en la ciencia ha llevado a la formulación de *nuevas y potentes* teorías. El trabajo de Curnow resalta la necesidad de que los estadísticos participen en nuevas áreas que se han desarrollado en los últimos treinta años. Dentro de ellas, y como es el interés aquí, se destacan biología molecular y la biotecnología.

Relacionado con la postura de Curnow, diversos estadísticos en el campo de la agricultura junto el Servicio de Investigación de la Alimentación (Food Research Service) se reunieron en Nueva York en septiembre de 1985 e identificaron nuevas áreas que necesitan intervención estadística. Estas fueron:

- a. la metodología de la planificación;
- b. la biología molecular;
- c. la quimiometría y el análisis de datos espectrales;
- d. la planificación, el montaje, la validación, sensibilidad y estabilidad de los modelos;
- e. el control de calidad de los productos;

- f. la evaluación de las funciones de “*black-box*”;
- g. los modelos espaciales para análisis de experimentos;
- h. el análisis de imágenes, y
- i. el control de calidad de la metodología estadística y del software estadístico.

De las anteriores áreas, (b) y (d) ya se encontraban en el trabajo de Curnow (1984). Con respecto al área (a), Gower (1988) menciona que, “después de más de 60 años de diseño de experimentos en la agricultura, su aparición es consecuencia de la ignorancia de muchos científicos que ignoraron las ventajas de un buen diseño”, a lo que agrega que los científicos no deben perder de vista el vínculo entre la buena ciencia y el buen diseño, eso sí, teniendo en cuenta el uso eficiente de los escasos recursos.

Con respecto a las demás áreas, la importancia de las nuevas tecnologías es un factor de suficiente importancia. Para Gower (1988), los nuevos mecanismos de instrumentación hacen que en momentos el investigador se preocupe más por las nuevas formas de medir los fenómenos agrícolas o biológicos, en lugar de hacerlo directamente con la ciencia. Según él, hay que tener cuidado con el rendimiento de los instrumentos tecnológicos para identificar las principales razones de la obtención de datos incorrectos, pues en ámbitos como el de la agricultura estos instrumentos utilizan a menudo técnicas digitales para la conversión de datos.

Ahora bien, la referencia en el ítem (i) para el cálculo estadístico descentralizado se refiere a la reciente disponibilidad de software estadístico de gran alcance en las computadoras micro y estaciones de trabajo con excelentes instalaciones gráficas (Gower, 1998). Esta revolución en el manejo estadístico de los datos ha permitido a los investigadores mantener una relación más cercana entre sus datos y las estadísticas que obtienen a partir de ellos.

Investigación estadística futura

Como hemos visto, la necesidad de contar con métodos estadísticos que tengan en cuenta las dificultades mencionadas en la Sección 2, y que además contribuyan en la formulación de nuevas direcciones en la investigación agrícola

a nivel mundial, así como que den respuesta a problemas particulares de nuestro sector agrario colombiano es una urgencia inmediata en nuestra sociedad investigativa. Indagar por el alcance de técnicas avanzadas estadísticas nos permitirá repensar y reformular la organización, y el plan de ataque en un problema agrícola, impulsando así líneas de investigación y desarrollos no solamente en el contexto nacional, sino también fortaleciendo la investigación dentro de la Universidad.

Para la construcción y validación de dichas técnicas estadísticas se necesita de suficiente información, pues no hay que olvidar que Colombia es un país que genera datos y reportes en forma permanente (DANE, IDEAM, SIAC). No obstante, regiones que hasta el momento han sido golpeadas por el conflicto armado y que ahora se observan como una fuente potencial para el desarrollo del sector agrícola, no han sido suficientemente monitoreadas y mucho menos bajo la visión de las agencias.

Con miras hacia el trabajo futuro, desde la estadística se quieren ofrecer diferentes alternativas para la generación de modelos de simulación; podrían revisarse los métodos estadísticos utilizados en la historia —como algunos de los comentados en las Sección 3— y nos daremos cuenta que su aplicabilidad en nuestra realidad colombiana presenta diversas dificultades, como las expresadas por el Hno. Carlos. Tómese por ejemplo el caso de la técnica estadística de Monte Carlo desarrollada durante la segunda guerra mundial, la cual se fundamenta en el enfoque clásico de la estadística, es decir bajo el conocimiento previo de una distribución de probabilidad. En escenarios como el nuestro este conocimiento previo no es factible de cumplir a corto plazo, lo cual muestra la necesidad de considerar —al menos en un primer momento— técnicas estadísticas tales como el *bootstrap* (a partir de datos observados se generan nuevas muestras simuladas de igual tamaño que la muestra original), técnicas que son menos restrictivas que las del enfoque estadístico clásico y permiten una mayor flexibilidad y menor complejidad para el análisis estadístico.

Y es que para el análisis estadístico futuro que pretendemos llevar a cabo no hay que olvidar que muchas de las relaciones que se buscan estudiar tienen que ver con la evolución del ecosistema con el paso del tiempo; aspectos

como el cambio climático y el estado de los recursos naturales tienen un alto impacto en el comportamiento de cualquier ecosistema. En este aspecto, la estadística también nos ofrece una amplia gama de técnicas bajo el estudio de procesos estocásticos en el tiempo denominada *series temporales*, las cuales se han ido refinando, a tal punto que ahora se encuentran métodos específicos para estudiar variables discretas en el tiempo, conjunto de datos incompletos o bajo el enfoque no-paramétrico.

Ahora bien, más allá de la caracterización previa tanto en espacio como en tiempo, uno de los objetivos específicos de las agrocencias es “la implementación de sistemas agropecuarios y agroindustriales que se ajusten a los criterios de sostenibilidad, competitividad y equidad que privilegien el desarrollo rural” (Romero y Villamil, 2011). En términos estadísticos, se requieren modelos y técnicas que permitan comparar diferentes escenarios y faciliten la toma de decisiones con criterio científico. En estos casos el uso de modelos lineales, tales como los modelos de regresión lineal es lo más recurrente. Sin embargo, no siempre el conjunto de observaciones cumple con las especificaciones teóricas que requiere el uso de estos modelos; por esta razón, antes de tomar decisiones es necesaria la etapa de validación de la información, que no sólo debe limitarse a la identificación de valores atípicos sino que debe extenderse al estudio de observaciones influyentes, cuya presencia es más grave que la de los valores extremos (Jiménez, 2008).

En lo que hemos podido observar, consideramos que una de las bases del estudio de las agrocencias se encuentra en la complejidad de las interacciones emergentes en los ecosistemas. Al tener en cuenta esta última podría suponerse que los modelos que acercan más al comportamiento real no son lineales. Ahora bien, otro de los mecanismos para toma de decisiones en situaciones de comparación de escenarios desde los recursos estadísticos, y que se ha venido desde hace ya varios años es el diseño experimental, el cual busca “proveer patrones de observación para ser recolectados con el fin de obtener estimaciones precisas y/o tener la capacidad de probar distintas hipótesis” (López et al., 2007). No obstante cabe indicar que los diferentes patrones que se encuentran reportados en la literatura estadística se ajustan a las condiciones específicas de un problema en particular, y por tanto existe la posibilidad de que

bajo la visión de las agrociencias y los nuevos retos que esta plantea se requiera plantear diseños estadísticos alternativos, lo cual no sólo tendría impacto en el sector agrario sino que además se generaría nuevo conocimiento en la disciplina de la estadística, tal como lo comentamos anteriormente. El reto estadístico iría desde la construcción del diseño, pasando por la determinación de los parámetros y sus estimadores, hasta la generación de intervalos de confianza hasta la validación propia del método.

Una de las líneas investigativas que tal vez nos pueda interesar es la estadística ambiental (*environmetrics*), la cual surgió ante la necesidad de dar respuesta a problemas ambientales, para los cuales los métodos y procedimientos estadísticos conocidos en los años sesenta no eran suficientes (Giraldo, 2002). Técnicas específicas como las empleadas en la geoestadística ayudarían a la caracterización de las relaciones del ecosistema colombiano, pues estas buscan describir el comportamiento de variables teniendo en cuenta la ubicación espacial, permitiendo así tener una mejor aproximación a nuestras condiciones de suelo y su relación con el entorno. La implementación de estas técnicas puede encontrarse en campos como la hidrología, la física del suelo, así como al monitoreo ambiental.

Pertinencia social de la investigación

Hasta este momento se ha realizado un recorrido histórico por algunas de técnicas estadísticas en la agricultura, así como también se han mencionado algunos de los desafíos estadísticos en este campo de trabajo, vistos desde la situación particular colombiana y su impacto en el desarrollo de nuestro agro. No obstante, en esta última sección queremos decir algo sobre el contacto propio de la investigación científica con la sociedad, siendo conscientes que este es el aspecto diferenciador y más importante; para lograr un impacto social debe tener presente la importancia de la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en una filosofía de investigación (Reyes, 2013). Al respecto, Romero y Villamil (2011) afirman que:

En esta nueva visión de la ruralidad, la sustentabilidad del desarrollo territorial se concibe más allá de la preservación ambiental productiva y tecnológica con el desa-

rollo de escenarios alternativos como agricultura ecológica, agricultura de precisión y bioenergías alternativas, dando paso a la noción de sustentabilidad en la racionalidad de una construcción de tejido social y del desarrollo integral del ser humano.

Lo anterior muestra que se está ante el reto de generar ciencia con pertinencia social, pues quienes realmente pueden dar testimonio de cómo los afecta - para bien o para mal - las nuevas tecnologías o los modelos alternativos de desarrollo son los mismos individuos de la comunidad. Si bien es cierto que en este aspecto específico es relevante el uso de la investigación cualitativa, hay que dejar de lado la creencia generalizada de que los procesos estadísticos sólo tratan de simplificar cuantitativamente el comportamiento de la población a través de mecanismos descriptivos. Técnicas como el análisis de textos y análisis de datos cualitativos, permiten organizar los datos recolectados de forma tal que se conviertan en información relevante; el objetivo de la investigación cualitativa es entender los procesos en la comunidad. Para esto, las tendencias de discurso y los mapas factoriales son una buena alternativa para complementar los procesos de triangulación de la información permitiendo una mayor visualización de la relación con la comunidad.

Al reunir todo lo anterior, tanto la evolución de las técnicas estadísticas en la agrociencia, como el componente humano, creemos que el Doctorado en Agrociencias es la invitación a la generación de procesos de investigación interdisciplinar con pertinencia social que toda disciplina debería considerar, y en esta generación los profesionales estadísticos han mostrado ser uno de sus principales actores. En cada posible problemática a solucionar ellos están llamados a colaborar, no sólo contribuyendo con la aplicación de técnicas ya reportadas sino que existe la oportunidad de generar nuevo conocimiento disciplinar al encontrar una amplia gama de opciones propias del ecosistema colombiano no estudiadas hasta el momento.

Bibliografía

- Cochran, W., Cox, G. *Experimental Design*. New York. Wiley, 1950.
- Crowther, E, y Yates, F. Fertilizer policy in wartime. The fertilizer requirements of arable crops. *Journal Expert Agriculture*, 9 (1941): 77-97.

- Curnow, R. Present position and potential developments: Some personal views on statistics in biometry and agriculture. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, 147 (1984): 349-358.
- Finney, D. The fractional replication of factorial arrangements. *Annals of Eugenics*, 12. 1 (1943): 291-305.
- Finney, D. The principles of biological assay. *Journal of the Royal Statistical Society*, 9 (1947): 46-91.
- Finney, D. *Statistical Method in Biological Assay*. Londres. Charles Griffin, 1952.
- Gill, J. *Design and Analysis of Experiments in the Animal and Medical Sciences* (3 Volumes). Ames, Iowa: The Iowa State University Press, 1978.
- Giraldo R. *Introducción a la Geoestadística, teoría y aplicación*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 2002.
- Gómez, C. Lanzamiento del Doctorado en Agrociencias. *Revista de la Universidad de La Salle*, 57 (2012): 51-57.
- Gower, J. Statistics and Agriculture. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, 151. 1 (1988): 179-200.
- Jiménez, T. Detección de observaciones influyentes en diseños factoriales fraccionados 2^k , estudio de casos. Tesis. Maestría en Ciencias - Estadística. Universidad Nacional de Colombia. 2002.
- Kempton, R., y Talbot, M. The development of new crop varieties. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, 151, 2 (1988): 327-341.
- López L., Melo O., y Melo S. *Diseño de experimentos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2007.
- Patterson, H, y Williams, E. A new class of resolvable incomplete block designs. *Biometrika*, 63 (1976): 83-92.
- Patterson, H., y Silvey, V. Statutory and recommended list trials of crop varieties in the United Kingdom. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 143 (1980): 219-252.
- Preece, D., Bailey, R., y Patterson, H. A randomization problem in forming designs with superimposed treatments. *Australian Journal of Statistics*, 20. 2 (1978): 111-125.
- Reyes, A. El ejercicio de la ciencia como tarea interdisciplinar y transdisciplinar. *Revista de la Universidad de La Salle*, 61 (2013): 125-136.

Romero J., y Villamil L. Las agrociencias, una escuela de pensamiento para la nueva ruralidad. *Revista de la Universidad de La Salle*, 55 (2011): 67-97.

Yates, F. *The design of rotation experiments*. Inglaterra, Technical Communication No. 46 of the Commonwealth Bureau of Soil Science, Harpenden, Herts, 1941.

Yates, F. *Sampling Methods for Censuses and Surveys*. Cuarta edición. Londres. Griffin, 1981.