

# LA BIOINFORMÁTICA COMO ESTRATEGIA DE MEJORA EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA DE LA REGIÓN PACÍFICO

Andrés Ignacio Satizabal Lopez  
Andres.satizabal00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Gerencia Estratégica de TI

## **Resumen**

Las nuevas políticas, planes y programas de investigación definidos por el gobierno Colombiano y que buscan el desarrollo económico y proyectos innovadores en materia de tecnología y la apuesta en el sector agro, han abierto el camino para la implementación y desarrollo de nuevas tendencias como la bioinformática. La Bioinformática es una de las áreas de investigación que propone, herramientas computacional y multidisciplinaria que involucra en sus metodologías las ciencias naturales y ciencias exactas. Este artículo tiene como objetivos:

- 1) Recopilar información con base en investigación en Bioinformática y del sector agrícola de la Región Pacífico, que sirvan para la estructuración y el desarrollo de proyectos con aplicación tecnológica en computación e ingeniería de software y,
- 2) proponer las herramientas computacionales acorde con las necesidades de la Región Pacífico que brindarán un mayor apoyo a la continua investigación, soporte científico del sector agrícola y mejores estrategias para la aplicación de tecnologías bioinformáticas y de biología computacional que sirvan a los sectores involucrados en la toma de decisiones con argumentación científica.

Este documento se basa en la Guía metodológica: diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Herramientas Bioinformáticas que alineadas y estructuradas con planes de enfoque social podrán contribuir al fortalecimiento del agro, consolidándose como una estrategia definitiva para el desarrollo de la región pacífica. El principal aporte del presente artículo es contribuir al direccionamiento y la implementación de estrategias de desarrollo regional, direccionando las investigaciones y proyectos sustentados en Bioinformática aplicados a la agroindustria, soportados en las mejores prácticas de evaluación e inversión pública y se promueva el aumento en el conocimiento estatal acerca de los beneficios y riesgos de la inversión en Biotecnología.

*Palabras Clave:* biología computacional, biología molecular, biotecnología, Ciencias Ómicas, BigData, Datamining, Nutraceutica, Genómica, Bioinformática

## **Abstract**

The new policies, plans and research programs defined by the Colombian government and seeking economic development and innovative projects in technology and the commitment in the agricultural sector, have opened the way for the implementation and

development of new trends such as bioinformatics . Bioinformatics is one of the research areas that it proposes, computational and multidisciplinary tools that involve in its methodologies the natural sciences and exact sciences. This article aims to: 1) Collect information based on research in Bioinformatics and the agricultural sector of the Region Pacific, that serve for the structuring and development of projects with technological application in computing and software engineering and, 2) propose the computational tools according to the needs of the Pacific Region that will provide greater support to the continuous research, scientific support of the agricultural sector and better strategies for the application of bioinformatics and computational biology technologies that serve the sectors involved in decision making with scientific argumentation.

This document is based on the Methodological Guide: design of composite indicators of sustainable development. Bioinformatic tools that aligned and structured with social focus plans can contribute to the strengthening of agriculture, consolidating as a definitive strategy for the development of the Pacific region. The main contribution of this article is to contribute to the direction and implementation of regional development strategies, addressing Research and projects supported by Bioinformatics applied to agro-industry, supported by the best practices of evaluation and public investment and promoting the increase in the state knowledge about the benefits and risks of the investment in Biotechnology.

*Keywords:* computational biology, molecular biology, biotechnology, Ómicas Sciences, Big Data, Data mining, Nutraceutical, Genomics, Bioinformatics.

## 1. INTRODUCCIÓN

La bioinformática se origina en los años 50, desde sus orígenes se configura como una de las áreas de investigación con proyección Tecnológica, es una herramienta computacional multidisciplinaria que involucra en sus metodologías las ciencias naturales y ciencias exactas (Gonzalez I, 2016). La bioinformática puede ser considerada uno de los más revolucionarios avances en el análisis de datos biológicos, dejando atrás la era biológica centrada en genes por la de secuenciación de genomas, un nuevo concepto que será la base para desarrollos de amplio impacto social en diferentes áreas como la medicina, la agricultura y la industria (Lyda Raquel Castro<sup>1</sup>, 2010). De igual forma, las ciencias ómicas como la genómica, la proteómica, la transcriptómica y la metabolómica requieren de la bioinformática como su herramienta de análisis debido a la gran cantidad de datos que arrojan.

La necesidad de plantear planes y proyectos dentro de las metas definidas para el desarrollo social y competitivo de Colombia y sus regiones, ha abierto la posibilidad de implementar nuevas tendencias con enfoque tecnológico, que contribuyan al fortalecimiento económico con la utilización y apropiación de herramientas computacionales.

El éxito de la implementación de herramientas computacionales demanda el interés y compromiso del estado, debido a los altos costos de inversión que involucra el despliegue de este tipo de infraestructura, recursos que pueden ser aprobados si son incorporados dentro de los planes de desarrollo nacional y son destinados con un enfoque social. Programas que hacen parte de planes y metas propuestas de entidades de orden nacional y territorial en sectores específicos como el agrícola, serán el punto de partida a una amplia gama de proyectos que fortalezcan el desarrollo de las regiones.

La región Pacífico cuenta con un área de 60.000 Km<sup>2</sup> y comprende los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Chocó y Nariño ese a su amplia biodiversidad, posee zonas ubicadas junto a la costa pacífica que cuentan con condiciones de alta humedad y temperaturas entre 28°C y 30 °C, situaciones climáticas adversas para la producción agrícola que se cultiva y utiliza para la subsistencia de sus habitantes (Agro prensa, 2012).

El planteamiento de estrategias que empleen herramientas computacionales que sirvan a los sectores de orden estatal a realizar proyectos para el desarrollo del sector agrícola de la región Pacífico, permitirá que se aprovechen las oportunidades que posee la región para el reemplazo de cultivos ilícitos y la minería ilegal. Las estrategias mencionadas se plasman proponiendo cultivos alternativos los cuales por medio de la Bioinformatica se potencien su estructura molecular y mejorando su produccion en terrenos adversos y aumente su cultivos generando un producto de mejor calidad, que impactarán de manera significativa la economía de la zona a intervenir, afectada altamente por situaciones de orden público por el despliegue de grupos al margen de la ley.

Gracias al estudio bioinformático de especies vegetales comestibles y su estructura genética, se podrán identificar

rasgos de interés productivo que redunden en la priorización de especies de interés comercial y que en simultáneo contribuya al fortalecimiento de cultivos endémicos de las zonas y climas a lo largo del territorio y que sean incorporados como una posible fuente de la economía regional, dando así una oportunidad a los habitantes nativos de estas zonas con producciones agrícolas que suplan las necesidades nutricionales de la comunidad y una fuente de ingresos para sus cultivadores. (Revista Ciencias, 2012).

Sin tener en cuenta los problemas económicos que impiden un mayor progreso científico y tecnológico a cualquier nivel, el bajo desarrollo de la bioinformática en Colombia tiene otros factores de fondo. Estos radican esencialmente en el bajo porcentaje de formación académica en la enseñanza de la bioinformática. Aunque esta situación ha cambiado en los últimos años, ya las regiones del centro del país y del centro cuentan con programas de formación en Maestría en Bioinformática y muchos cursos de bioinformática y se consideran en los planes de estudio a nivel de pregrado y posgrado. Esta problemática se ha enfocado últimamente en una pobre aportación del gobierno a proyectos de investigación en bioinformática.

Teniendo en cuenta que la academia debe ser principal gestor de la investigación científica, tanto en el contexto de la educación pública como de la privada, la carencia de adecuados programas de formación produce un crecimiento nulo y, por ende, una pobre oferta de investigadores en este campo (Benítez Páez & Cárdenas-Brito, 2010).

En Colombia, los avances en términos de inversiones y resultados en Ciencia Tecnología e Información son bajos. El monto invertido en actividades de CTI en comparación con el de los demás países de la región, lo que se evidencia en el no cumplimiento de la meta de llegar al 1 % del PIB en 2018, en 2015, por cada millón de habitantes en Colombia había solamente 132 investigadores y con poca movilidad entre sectores, lo que disminuye el impacto de las actividades de I+D (RICYT & OCDE, 2018).

Enfocarse en la búsqueda de soluciones a los grandes desafíos que hoy tiene la agricultura en Colombia, y el uso de herramientas tecnológicas que permitirían enfrentar esos retos, es una de las principales conclusiones de un foro técnico sobre convergencias tecnológicas e innovación en la agricultura y su proyección, efectuado en la sede central del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (Barrera, 2012).

#### *A. La Bioinformática hoy, la estrategia del Agro en la Región Pacífico*

La Bioinformática es considerada una herramienta tecnológica que integra múltiples disciplinas como Biología, Informática, Matemática, Química y Física, para ser aplicados junto con recursos computacionales y técnicas a la gestión y análisis de datos biológicos (Agenciacyta, 2012), actualmente se aplica para investigación en enfermedades y genética de las plantas, animales y en la elaboración de medicinas, con el propósito de generar nuevo conocimiento estructurado y que este en rutado con los desarrollos socio económicos, direccionándolos a las necesidades del ser humano y el desarrollo de las potencialidades de una región.

Las condiciones variables a las que se enfrenta la agricultura actual, agravadas por el cambio climático y que afectan la seguridad alimentaria, pueden ser monitoreadas y contrarrestadas gracias a los avances en áreas como la bioinformática y la nano biotecnología, los costos de ambas tecnologías se han reducido y lo seguirán haciendo en el futuro, lo que impacta su disponibilidad y alcance y plantea el debate sobre su uso más adecuado. Como ejemplo de la reducción de costos, que en el 2005 hacer la secuenciación completa de un genoma costaba alrededor de US\$10 millones, mientras que hoy cuesta US\$10.000 y se espera que en pocos meses sea de US\$1.000 como se observa en la figura 1 costos por secuenciación (Barrera, 2012)

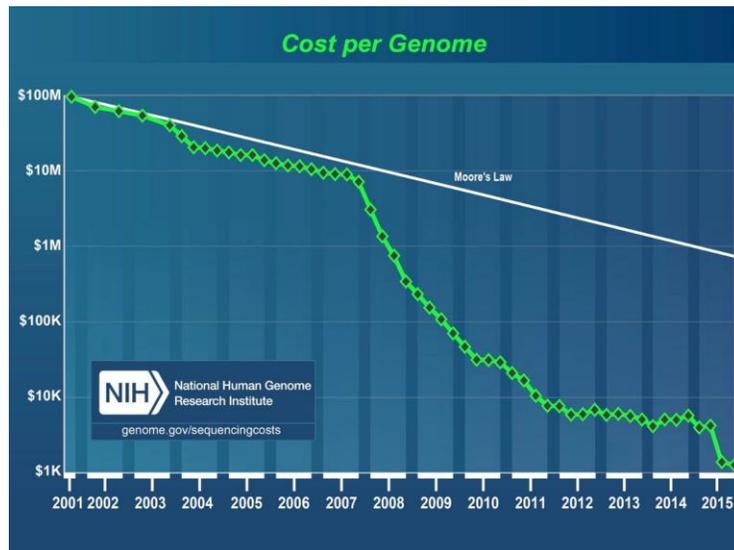


Figura 1. Costos de Secuenciación. Fuente:<http://fisiolofar.blogspot.com/2013/09>

La Bioinformática requiere que los involucrados en las disciplinas que integra comprendan el proceso de estructuración de un proyecto a partir de los resultados de una investigación, figura 2, con el propósito de llevar a la sociedad productos y servicios innovadores, competitivos, inusuales y con un alto impacto social.

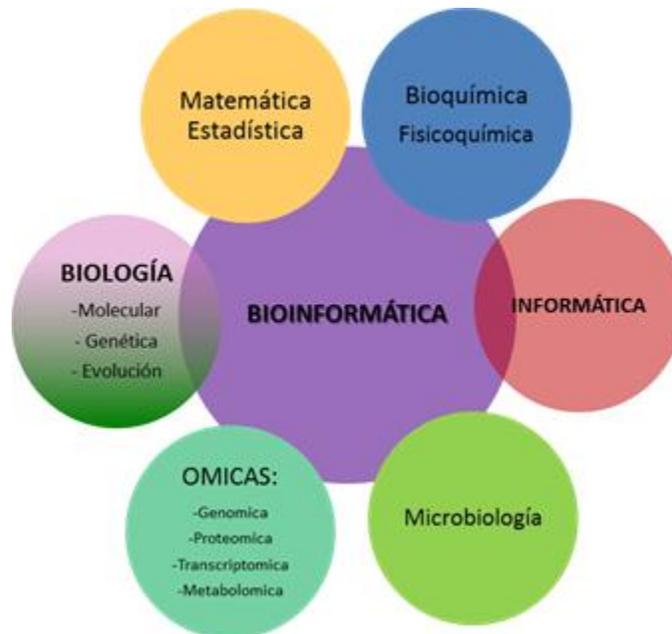


Figura 2 : Integrador Multidisciplinario

Fuente: <http://fisiolofar.blogspot.com/2013/09/el-fascinante-mundo-de-la-bioinformatica.html>

Las herramientas computacionales, contrariamente a lo que se podría pensar, se utilizaron mucho antes de la aparición del internet o de los proyectos de secuenciación de genomas; a mediados del siglo XX la gran cantidad de información generada resultante de investigaciones de las propiedades químicas de las proteínas, llevaron a los investigadores a incorporar de manera combinada las ciencias básicas y la computación para este desafío (Pérez2, 2012)

Es en los años 60 que aparece el concepto de Bioinformática y Biología computacional, la primera con la definición de

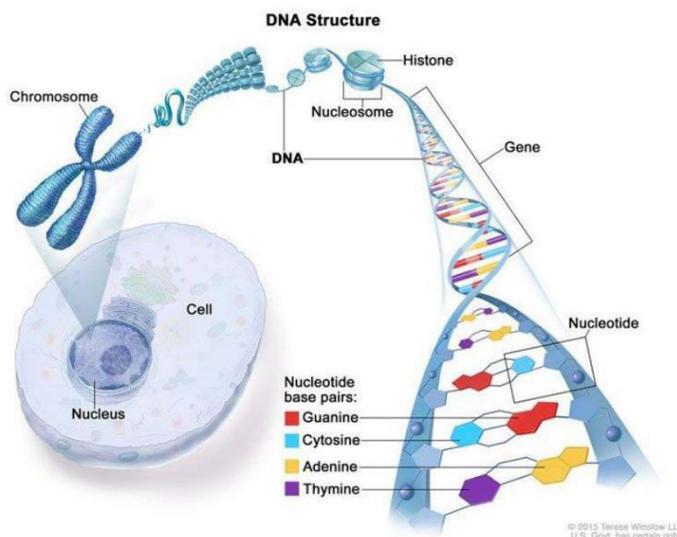
la NCBI (National Center for Biotechnology Information de los Estados Unidos de América), busca y utiliza patrones y estructuras propias en datos biológicos como secuencias genómicas, así como el desarrollo de nuevas metodologías para el acceso y búsqueda en bases de datos, y la segunda orientada a la simulación física y matemática de los procesos biológicos (NCBI, 2012).

Ya en el año 2000, la Bioinformática fue definida como el uso de computación para el análisis de resultados y manejo de la información biológica, de modo que la ubica en la intersección de la biología molecular, la biología computacional, la medicina clínica, las bases de datos informáticas, el Internet y el análisis de secuencia (s, Brown 2000).

A partir del año 2000 se realizarían importantes avances en cuanto a la investigación genética; para el 2003 se finalizó la secuenciación del genoma humano, paralelo a esto y a los avances que se han dado de manera progresiva en la investigación y desarrollos tecnológicos, se ha ido aumentando la cantidad de información que requerirán las estrategias para su almacenamiento y posterior análisis (Garrigues, 2017).

**Figura 3 : Proceso de recolección genómico**

Fuente:[http://www.inia.uy/Documentos/2016\\_05\\_04\\_Biotecnologia/03\\_Biotecnolog%C3%ADa\\_Garaycochea.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/2016_05_04_Biotecnologia/03_Biotecnolog%C3%ADa_Garaycochea.pdf)



Colombia hasta el año 2010 se mantenía distante a este tipo de tecnología, lo que la posicionó como una sociedad hasta ese momento, de muy baja producción de conocimiento Bioinformático. Los principales motivos de su falta de desarrollo e implementación fueron los insuficientes recursos de inversión y de déficit académico (Alfonso & Cárdenas-Brito, 2010). Posteriormente, a partir de investigaciones realizadas por algunos grupos de investigación, se generaron unas perspectivas claras para el futuro de la Bioinformática en Colombia, una predicción con visión a cinco años y que desde ese momento se proyectaba como un motor de desarrollo para Colombia (Alfonso & Cárdenas-Brito, 2010).

Entre 2015 y 2016 el gobierno nacional, en cabeza del ministerio de las TIC, destinó recursos con el propósito de fortalecer el sector industrial en las regiones de Colombia, por medio de soluciones de Tecnología Informática, específicamente la Región Pacífico (Valle del Cauca, Cauca, Chocó y Nariño) orientado hacia la agroindustria y la Región Cafetera (Caldas, Quindío y Risaralda) encaminado también en el agro pero en la utilización de la Bioinformática y Biología Computacional (Mintic, 2018).

Este tipo de tecnología podría ser utilizada con resultados importantes en la Región Pacífico, por ser una zona que requiere de la argumentación para la estructuración de proyectos de este tipo. La Universidad del Valle en Cali cuenta con un laboratorio desde el 2015, enfocado a la investigación en Bioinformática; los proyectos derivados de los planes académicos planteados en esta área, están diseñados para estructurar proyectos de cultivos de alto consumo. (CiudadRegion.com, 2015).

En la actualidad el sector agro en Colombia tiene varios proyectos que involucran la Bioinformática como base de su desarrollo e implementación, este tipo de proyectos también ha servido para detectar y secuenciar virus. La información recopilada y almacenada según la investigación realizada en el 2016 “Detección y secuenciación del genoma del potato virus y (pvv) que infecta plantas de tomate en Antioquia, Colombia”, servirá como base a diversos desarrollos agrícolas en otras regiones (Muñoz-Baena, Gutiérrez-Sánchez, & Marín-Montoya, 2016).

Proyectos de caracterización de la diversidad genética de especies vegetales de importancia nutricional en el departamento de Nariño, Cauca, Cundinamarca y Boyacá ha tenido un gran impulso debido a sus potencialidades agronómicas y diferentes beneficios que se derivan de la producción, industrialización y comercialización de sus productos. Un proyecto realizado en la Universidad del Cauca en el mes de marzo de 2017 tiene como objetivo utilizar esta información, almacenando en la nube la documentación resultante de los procesos Bioinformáticos y que sean parte de la BIGDATA de proyectos con el mismo propósito de identificación de especies. (Roca, 2015)

Existe una amplia cantidad de variables genéticas que podrían ser aprovechados en los planes de mejoras direccionados a obtener nuevos y mejores materiales, adaptados a las condiciones locales y que respondan a las necesidades del agricultor, productor y consumidor (morillo-coronado1, 2017).

La agricultura de la Región Pacífica se basa sobre todo en el cultivo de frutas tropicales como las bananas, cocos, cereales y aceites naturales. No obstante, las condiciones climáticas y la geografía del terreno dificultan la agricultura intensiva. Diversos estudios indican que el suelo de gran parte del territorio colombiano es infértil, excesivamente tóxico y ácido, por lo que no es adecuado para las plantaciones, también su clima lluvioso y sus espesas selvas tropicales generan un ambiente de escasa luminosidad, lluvia excesiva y mal drenaje, lo cual genera constantemente inundaciones que vuelven inviable el desarrollo de la agricultura (Donald Riascos Ortiz, 2011).

La implementación de proyectos con enfoque tecnológico y que permitan modificar las características de la producción agrícola, la harán la tierra y sus cultivares adaptables a las condiciones climáticas y a las características de suelos, logrando cultivos alternativos que se consoliden, paralelamente se ampliarán los conocimientos sobre la información genética. El uso de herramientas computacionales ingenieriles a la hora de abstraer e interpretar toda la información que se guarda en las secuencias genómicas, contribuirán en el fortalecimiento del sector agrícola específicamente el de la Región Pacífico, generando nuevas iniciativas y realizando la estructuración apropiada de la infraestructura tecnológica requerida, administrando la información y gerencia estratégica y eficiente los recursos asignados.

#### *B. Herramientas Bioinformáticas, Frameworks y Plataformas de Análisis*

En Colombia entendiendo la necesidad de avanzar a la par de los desarrollos mundiales, las TIC se han convertido en el dinamizador de todos de los sectores, interviniendo de manera transversal en cada uno de los procesos que incorporen mejoras y reestructuración, tanto así que las nuevas estructuras organizacionales ajustan su arquitectura organizacional posicionando las tic como parte fundamental en su Core corporativo, con el planteamiento de nuevas estrategias tecnológicas. En el MINTIC se estructuran áreas específicas con programas, planes y proyectos para su gestión y aprovechamiento en la industria, donde de acuerdo a su enfoque, hacen parte de un privilegiado sector encargado de innovar y apoyar a las demás áreas que generen competitividad, porque su uso asegura una propuesta de valor significativo en todas sus inversiones, en la salud mejora sus procesos y procedimientos, en la educación brinda las posibilidades de ampliar un espectro de oportunidades de investigación y fortalecimiento académico en sus planes de formación y en el agro con la recopilación , el procesamiento de información y su aprovechamiento eficaz, todos estos son recursos y herramientas que sea han ido posicionando cada vez más y sobrepasando las expectativas. En el agro estos desarrollos TIC incorporan el despliegue e implementación de infraestructuras robustas capaces de soportar grandes retos en el almacenamiento y análisis de información, estructuras que gestionen aplicaciones que permitan prestar servicios eficientes y amigables a todo tipo de usuarios (Mintic, 2018).

Hay investigaciones que demandan personal más calificado y multidisciplinario, así mismo las herramientas y recursos a

utilizar deberán cumplir con las expectativas del investigador, quienes se han formado para apoyarse con nuevas tecnologías que tienen la capacidad de analizar la gran cantidad de información almacenada. La Bioinformática es la herramienta por definición y aplicación más apropiada para este objetivo (Roca, 2015).

Los recientes avances en las tecnologías de secuenciación o NGS (secuenciación de segunda generación o next generation sequencing), han revolucionado las ciencias de la vida, al incrementar exponencialmente la cantidad de datos biológicos, y disminuir constantemente sus costos de obtención. Dada la gran cantidad de información que se genera constantemente, muchas de estas lecturas cortas, se hace necesario el desarrollo o implementación de herramientas y profesionales preparados a su interpretación y análisis en sectores como el agro, base de la economía de una región. Preparar a los investigadores en áreas relacionadas con el agro para la planeación, ejecución y el análisis de datos derivados de NGS resulta entonces una prioridad dadas sus muchas aplicaciones (Garrigues, 2017). El análisis de secuencias incluye búsqueda en las bases de datos, alineamiento de secuencias, descubrimiento de motivos y patrones en proteínas, predicción de genes y regiones promotoras, regulación, reconstrucción de relaciones evolutivas, ensamblaje de genomas y su comparación. Es por ello que existen diversas bases de datos biológicas y herramientas gratuitas que permiten buscar, visualizar, editar y analizar secuencias de nucleótidos y aminoácidos (Gonzales L, 2016). Las plataformas de secuenciación son diversas, cada una con una función específica, pero todas ellas tienen en común que la detección del ácido nucleico no es aplicable a una única molécula, por lo que se requiere de una previa amplificación del fragmento a secuenciar para poder obtener lecturas secuenciadas del mismo. (Garrigues, 2017). El análisis de secuencias incluye búsqueda en las bases de datos, alineamiento de secuencias, descubrimiento de motivos y patrones en proteínas, predicción de genes y regiones promotoras, regulación, reconstrucción de relaciones evolutivas, ensamblaje de genomas y su comparación, (Xiong, 2006)

Existen una variedad de plataformas Bioinformáticas que desde el conocimiento del genoma humano a determinado un cambio en los diagnósticos y tratamiento de enfermedades desde su origen genético ([www.dreamgenics.com](http://www.dreamgenics.com)). Desde la aparición de las tecnologías de secuenciación masiva o NGS, uno de los retos de la Bioinformática es analizar e interpretar la Bigdata generada para avanzar hacia una Medicina personalizada. Este mismo principio aplicado a otros sectores como la agricultura (plantas y animales) sera de gran contribucion como dinamizador en su desarrollo competitivo. Las plataformas disponibles como *454 Life Sciences*, *SOLID (Support\_Oligonucleotide Ligation Direction)*, *Ion Torrent Sequencing* e *Illumina* siendo esta ultima la más usada debido a sus resultados objetivos y racionalidad en precios.

Evidentemente la implantación de las Omicas en el Sector agro requerirá una infraestructura tecnológica adecuada, incluyendo servicios de secuenciación genómica y bioinformática, que produzcan datos de calidad con unos estándares adecuados para su uso y aprovechamiento (Valencia, 2017). Desde sus inicios, el desarrollo de la bioinformática ha estado ligado al del almacenamiento de la información biológica, incluso las bases de datos reflejan el desarrollo de la misma bioinformática. En la actualidad las ciencias biológicas son consideradas también como áreas de las tecnologías de la información, se estima por ejemplo, que alrededor de 30 petabytes de información biológica reposan en distintas bases de datos biológicas en el mundo y se espera además que esta información llegue a duplicarse cada 11 meses. (Genbank , 2007) En este sentido, las bases de datos biológicas no son simplemente sistemas de almacenamiento de información, si no que en sí mismas relatan la historia del desarrollo de la investigación biológica, de la biología molecular, de las tecnologías de la información y por supuesto de la bioinformática. A través del estudio y entendimiento de estos repositorios de información es posible entender a la misma bioinformática, a las técnicas moleculares que han apoyado su desarrollo y a los conceptos teóricos y prácticos que involucran esta disciplina de investigación que, en terminos generales, conocemos como biología computacional.

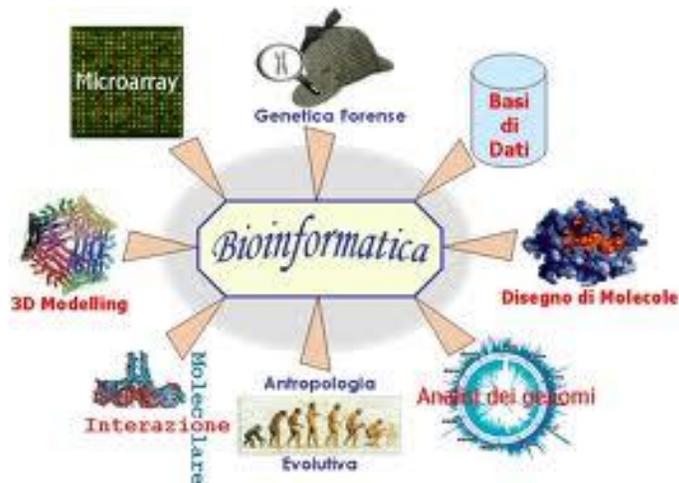


Figura 4 Principales proyectos Desarrollados

Fuente: <http://bioinformaticaumsa.blogspot.com/>

La importancia de la construcción de estos centros de computación se sustentan y justifican una alta inversión proporcional al tipo de despliegue. En la época actual la bioinformática no solo se restringe al análisis de los datos moleculares, la integración de los datos de biodiversidad constituye uno de los aspectos de la investigación y el desarrollo en los cuales los grupos de bioinformática pueden encontrar un conjunto de problemas interesantes y pertinentes para resolver, ya que aunque Colombia es uno de los países con mayor biodiversidad del mundo, enfrenta el reto de iniciar varios frentes de acción de forma sistemática y coordinada, para consolidar el conocimiento completo de dicha biodiversidad. La bioinformática ofrece las herramientas y los conceptos para sistematizar ese conocimiento (Barreto, 2013).

### C. Perspectiva de la Bioinformática en la Región Pacífico Agro Cluster y Fortalecimiento Económico con Cultivos Endémicos

Las condiciones que generan un crecimiento poblacional en una región, sumado a un alto índice de violencia, así mismo como las pocas alternativas laborales y de formación académica, son especialmente generadores de pobreza y baja competitividad regional lo que requerirá de alternativas y estrategias que permitan una actividad económica con base en el desarrollo del agro, que podría verse potenciado y dinamizado con el uso de tecnologías enfocadas en los cultivos con argumentación científica para cada región. La bioinformática es el nuevo microscopio de la biología además, porque permite entender los procesos que ocurren a nivel celular. Por ejemplo facilita la identificación de genes de bacterias y hongos que atacan diferentes cultivos, para después poder combatirlos.

Esta ciencia además permite compartir información molecular y genética para agilizar las investigaciones. En la papa fue descubierto un patógeno similar al de la malaria, y dado que ya se han desarrollado muchos productos para combatirla, se tomaron esos productos y se observó cuáles podrían servir para diseñar un patógeno. Contar con esta información ahorró tiempo y recursos. Estos usos permitirán potenciar la agricultura de precisión, la cual persigue un aprovechamiento más racional de los recursos naturales, la eficiencia del proceso productivo y la disminución de costos. Los especialistas coinciden en que sin importar la tecnología, los esfuerzos deben dirigirse a lograr que sus beneficios sean aprovechados por los pequeños y medianos agricultores, con la responsabilidad como un criterio ético indispensable. Los países deben desarrollar marcos regulatorios que permitan garantizar el uso seguro de las nuevas tecnologías en la agricultura (Barrera, 2012).

El proceso de negociaciones iniciado entre el gobierno nacional y las FARC-EP genera enormes expectativas en el país, particularmente para la inmensa población de víctimas principalmente en los territorios rurales; todos estos son

factores de orden público por los cuales se hace necesario plantear proyectos integrales de alto impacto, que beneficien a un alto grupo de la población en diferentes sectores desde el punto de vista económico, social, cultural y ambiental. Los proyectos que incorporen innovación y nuevas oportunidades, son de gran interés para ser impulsados y financiados por los entes gubernamentales (REVISTA SEMANA, 2015). Los proyectos que incorporen y estructuren el uso de nuevas tecnologías demandan una alta inversión económica, es por esto que el análisis que se debe realizar para definir su viabilidad económica radica específicamente en el beneficio social tendiente a la reparación de víctimas de conflicto durante décadas en Colombia y buscando específicamente el aprovechamiento de los recursos diversos y el clima de las Regiones en Colombia. La Región pacífico siendo uno de las regiones con un índice de afectación elevada por este flagelo es definitivamente un área para intervención (Agricultura, 2017). Enfocarse en la búsqueda de soluciones a los grandes desafíos que hoy tiene la agricultura, las condiciones variables a las que se enfrenta este sector en la actualidad, agravadas por el cambio climático y que afectan la seguridad alimentaria, pueden ser monitoreadas y contrarrestadas gracias a los avances en áreas como la bioinformática (Brooksbank C, 2015). La bioinformática es el nuevo microscopio de la biología, porque permite entender los procesos que ocurren a nivel celular, facilita la identificación de genes de bacterias y hongos que atacan diferentes cultivos, para después poder combatirlos. Esta ciencia además permite compartir información molecular y genética para agilizar las investigaciones por medio de la interpretación y análisis de datos bioinformáticos. La agricultura de la región Pacífica de Colombia se basa sobre todo en el cultivo de frutas tropicales como las bananas, cocos, cereales y aceites naturales las cuales podrían ser un enfoque específico de estudio. (Agricultura, 2017)

Los cultivos de chontaduro de Colombia, fruto que se concentran en la costa pacífica, principalmente en el Valle del Cauca, que es el mayor productor a nivel nacional, con una participación del 66,37%, seguido del departamento del Cauca, con el 13,1%, y del Chocó, con 9,6%. En el Valle del Cauca, Buenaventura es la ciudad que aporta la mayor parte de la producción, con el 99,7% del total (agenciacyta, 2012). Esto evidencia que este cultivo es de gran importancia para la región, y su producción está asociada a comunidades afrodescendientes, en condiciones de vulnerabilidad, y en zonas afectadas por el conflicto armado, con lo que el fortalecimiento de este cultivo en esas regiones, tendrá un positivo impacto socioeconómico en el marco del postconflicto y el mantenimiento de la paz, en un marco de prosperidad de las regiones (DVO, Revista Agro, 2017). Es por eso que este tipo de cultivo podrá ser un ejemplo y con las características para el desarrollo de proyectos enfocados en el genoma del chontaduro y de algunas variedades o cultivares seleccionadas, obtenidos de las regiones del Pacífico colombiano.



Figura 5. Distribución de cultivos en la Región

Fuente: Elaboración propia, teniendo como Base la distribución de cultivos

Con esto es posible contribuir al desarrollo del conocimiento básico de planta, que pueda ser usado en programas de mejoramiento genético y protección de cultivos que permitan eventualmente aportar al desarrollo de la región donde se cultiva esta especie especialmente la cuenca pacífica, tanto desde el punto de vista biológico como socioeconómico con la implementación de herramientas tecnológicas.

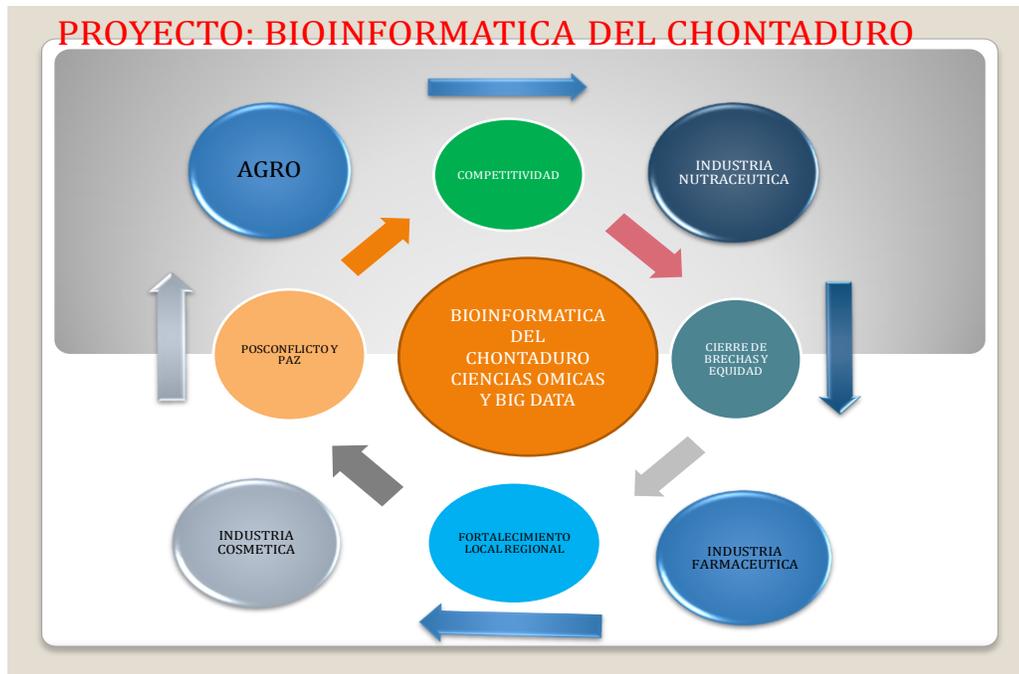


Figura 6: Proyecto en Bioinformática para la Región pacifico

Fuente: Elaboración propia, teniendo como Base el diagrama de Ecosistema Digital del Valle del Cauca y su enfoque en el Agro

Se ha identificado que esta especie de fruto por su contenido de moléculas bioactivas, tiene un alto valor para la industria farmacéutica, cosmética y nutracéutica. (Agricultura, 2017), adicional a esto se trata de un cultivo autóctono fuertemente arraigado a las comunidades de esta región.

## 2. CONCLUSIÓN

El diseño de estrategias para la aplicación de tecnologías bioinformáticas y de biología computacional que sirvan a los sectores involucrados en la toma de decisiones con argumentación científica, contribuirán al desarrollo del sector agrícola de la Región Pacífico.

La base será la recopilación de información de investigación en Bioinformática y sectorial y servirán de manera significativa para la estructuración y el desarrollo de proyectos con aplicación tecnológica en computación e ingeniería de software y principalmente al análisis de datos biológicos.

Las herramientas computacionales propuestas, acorde con las necesidades de la Región Pacífico, brindarán un mayor apoyo a la continua investigación, avances significativos y soporte científico del sector.

Los indicadores de ciencia, tecnología e innovación del sector agropecuario son una nueva herramienta para la toma de decisiones de los actores que hacen parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial – SNCTA, al permitir monitorear, evaluar y orientar la política sectorial de C&T, y dinamizar el flujo de conocimiento de la investigación y desarrollo agropecuario. Estos indicadores se han clasificado en categorías relacionadas con los componentes básicos de la ejecución de las actividades de científicas y tecnológicas del sector y teniendo en cuenta los estándares metodológicos nacionales e internacionales, con el propósito de lograr la formulación de indicadores

comparables. En el marco del trabajo del Observatorio del SNCTA se han desarrollado las categorías de indicadores de focalización e insumo, y está previsto el desarrollo en el mediano plazo, de indicadores de producto, resultado e impacto.

La aplicación e implementación de estas propuestas estratégicas para la creación de redes clúster del sector agrícola aplicando herramientas de bioinformática y bases de datos biológicas que contengan y faciliten la administración de la información de especies vegetales, servirán como referencia para estudios futuros enfocados en aumentar su producción en la región y el resto del país, logrando una dinamización significativa del agro, posicionándolo como un sector más competitivo y con alternativas definidas con proyección internacional.

### 3. BIBLIOGRAFÍA

1. agenciacyta. (08 de Jun de 2012). *Agencia Cyta Noticias de Ciencia y Tecnología*. Obtenido de LA BIOINFORMÁTICA ES CLAVE PARA LA CIENCIA ACTUAL: <https://www.agenciacyta.org.ar/2012/06/la-bioinformatica-es-clave-para-la-ciencia-actual/>
2. agenciacyta. (08 de jun de 2012). *Instituto Leloir*. Recuperado el 24 de abril de 2018, de <https://www.agenciacyta.org.ar/2012/06/la-bioinformatica-es-clave-para-la-ciencia-actual/>
3. Agricultura, M. d. (12 de noviembre de 2017). *Siembra observatorio de Minagricultura*. Obtenido de <http://www.siembra.gov.co/siembra/main.aspx>
4. Alain Pérez-Acosta, I. (2014). *MODELOS DE REQUISITOS BASADOS EN I\* PARA DETECTAR*. cuba: Lámpsakos | No.12 | pp. 101-109.
5. Barreto. (2013). Bioinformatica:una oportunidad y un desafio . *Colombia Biotecnologica* 10, D132-138.
6. Benítez-Páez Alfonso, Cárdenas-Brito Sonia. Bioinformática en Colombia: presente y futuro de la investigación biocomputacional. (2010). *Biomédica [Internet]*. 2010 June [cited 2018 Apr 18] ; 30( 2 ): 170-177. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-41572010000200004&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572010000200004&lng=en).
7. Benson, C. (2015). *GenBank*. *Nucleic Acid Res*.
8. Brooksbank C, B. M. (10 de febrero de 2015). *The European Bioinformatics Institute's data*. *Nucleic Acid* . Obtenido de <https://www.bisti.nih.gov/docs/CompuBioDef.pdf>.
9. CiudadRegion.com. (08 de DIC de 2015). [http://www.ciudadregion.com/nacional/agro-bioinformatica-biologia-computacional-fortaleceran-region-cafetera\\_1449580271](http://www.ciudadregion.com/nacional/agro-bioinformatica-biologia-computacional-fortaleceran-region-cafetera_1449580271). Obtenido de [http://www.ciudadregion.com/nacional/agro-bioinformatica-biologia-computacional-fortaleceran-region-cafetera\\_1449580271](http://www.ciudadregion.com/nacional/agro-bioinformatica-biologia-computacional-fortaleceran-region-cafetera_1449580271)
10. Delgado, J. (15 de dic de 2016). [https://www.microstrategy.com/Strategy/media/downloads/training-events/symposium%20series/presentations/madrid/Best-Practices-for-Enterprise-caliber-dashboard-design\\_ES\\_JDM.pdf](https://www.microstrategy.com/Strategy/media/downloads/training-events/symposium%20series/presentations/madrid/Best-Practices-for-Enterprise-caliber-dashboard-design_ES_JDM.pdf). Obtenido de [https://www.microstrategy.com/Strategy/media/downloads/training-events/symposium%20series/presentations/madrid/Best-Practices-for-Enterprise-caliber-dashboard-design\\_ES\\_JDM.pdf](https://www.microstrategy.com/Strategy/media/downloads/training-events/symposium%20series/presentations/madrid/Best-Practices-for-Enterprise-caliber-dashboard-design_ES_JDM.pdf): [https://www.microstrategy.com/Strategy/media/downloads/training-events/symposium%20series/presentations/madrid/Best-Practices-for-Enterprise-caliber-dashboard-design\\_ES\\_JDM.pdf](https://www.microstrategy.com/Strategy/media/downloads/training-events/symposium%20series/presentations/madrid/Best-Practices-for-Enterprise-caliber-dashboard-design_ES_JDM.pdf)

- events/symposium%20series/presentations/madrid/Best-Practices-for-Enterprise-caliber-dashboard-design\_ES\_JDM.pdf
11. Dubert Y Cañar S, C. M. (2012). Caracterización fisicoquímica preliminar como estrategia para promoción y conservación de tres frutales neotropicales. *Acta Agromomica edicion especial*, 61, 83-84 .
  12. DVO, Revista Agro. (10 de Octubre de 2017). <http://www.portaldbo.com.br/Agro-DBO/Noticias/Os-desafios-da-agricultura-digital/22572>. Obtenido de <http://www.portaldbo.com.br/Agro-DBO/Noticias/Os-desafios-da-agricultura-digital/22572>
  13. Elósegui, T. (27 de Octubre de 2014). <https://tristanelosegui.com/2014/10/27/que-es-y-para-que-sirve-un-dashboard/>. Obtenido de <https://tristanelosegui.com/2014/10/27/que-es-y-para-que-sirve-un-dashboard/>: <https://tristanelosegui.com/2014/10/27/que-es-y-para-que-sirve-un-dashboard/>
  14. GALARZA, F. (2016). [cicjaverianacali.edu.co](http://cicjaverianacali.edu.co). Obtenido de [cicjaverianacali.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:bioinfo\\_sesion1..](http://cicjaverianacali.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:bioinfo_sesion1..)
  15. Garrigues, F. (23 de Mayo de 2017). *NGS: Secuenciación de Segunda Generación*. Recuperado el 01 de abril de 2018, de <https://revistageneticamedica.com/blog/ngs-secuenciacion/>
  16. Garrigues, F. (23 de mayo de 2017). *Revista Medica (NGS secuenciacion de segunda generacion)*. Obtenido de <https://revistagenetica.com>
  17. Genbank . (03 de 12 de 2007). *Banco Genético*. Obtenido de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/GenBank/index.html>
  18. Gonzales L, C. D. (2016). *scielo.org.ve* , vol.47, n.1-2 [citado 2018-04-27], pp. 143-149 . Obtenido de [http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci\\_isoref&pid=S0798-04772016000100011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S0798-04772016000100011&lng=es&tlng=es)
  19. Goodman. (2002). *Biological data becomes computer literate: new advances*. Curr Opin Biotechnol.
  20. Lyda Raquel Castro1, R. G. (junio de 2010). *Revista colombiana de biotecnología Print version ISSN 0123-3475*. Obtenido de <http://www.scielo.org>: [http://www.scielo.org/co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-34752010000100017&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org/co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752010000100017&lng=en&tlng=en)
  21. Management, B. (2013). *Concepts, methodologies, tools anf application resorces*. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?id=6SFqdO1dyeoC&pg=PA1&source=gbs\\_toc\\_r&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=6SFqdO1dyeoC&pg=PA1&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)
  22. Manrique, F. (2014). Impacto de los TLC firmados por colombia. *Semana*, <https://www.semana.com/opinion-online/entrada-blog/impacto-tlc-firmados-colombia/386774>.
  23. Mintic. (23 de JULIO de 2018). *PORTAL ESTADISTICO DEL SECTOR TIC*. Obtenido de <http://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-75854.html>
  24. Pérez2, J. P. (24 de dic de 2012). *Aplicación de la minería de datos en la bioinformática*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352002000200003&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352002000200003&lng=es).
  25. Revista Semana. (2012). vida-moderna/ARTICULO/Bionformatica-busca-revolucionar la ciencia en colombia. *SEMANA*, 35-39.
  26. *REVISTA SEMANA*. (12 de 02 de 2015). Obtenido de <http://www.semana.com/vida-moderna/articulo/bioinformatica-busca-revolucionar-la-ciencia-en-colombia/451945-3>
  27. RG Cañon-Cortázar. (2012). *agronomica*. LM Avellaneda-Torres.
  28. Roca, F. Q.–W. (10 de octubre de 2015). <http://publicaciones.caf.com/media/1275/99.pdf>. Obtenido de Biotecnología para el uso: <http://publicaciones.caf.com/media/1275/99.pd>
  29. *Sistemas proyectos Uniandes*. (25 de 07 de 2016). Obtenido de <https://sistemas.proyectos.uniandes.edu.co/>

30. Suárez-Mayorga, Á. M. (17 de enero de 2017). <http://hdl.handle.net/20.500.11761/34861>. Obtenido de GUÍA DEL ADMINISTRADOR DE INFORMACIÓN: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/34861>
31. Valencia, A. (17 de 08 de 2017). *Centro Nacional de Supercomputaciom (BSC-CNS) Barselona*.
32. Xiong. (2006). *Essential Bioinformatics*. Cambridge: Cambridge university.
33. Soto, S. A.-H. (30 de mayo de 2009). *guia-metodologica-diseno-de-indicadores-compuestos-de-desarrollo-sostenible-br*. Recuperado el 2018, de <http://oab.ambientebogota.gov.co/guia-metodologica-diseno-de-indicadores-compuestos-de-desarrollo-sostenible-br>
34. Barrera, A. (10 de 01 de 2012). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Obtenido de <http://www.iica.int/es/prensa/noticias/bioinform%C3%A1tica-y-nanobiotecnolog%C3%ADa-pueden-revolucionar-la-investigaci%C3%B3n-agr%C3%ADcola>

Figura 1. Costos de Secuenciación. Fuente: <a href="http://fisiolofar.blogspot.com/2013/09">http://fisiolofar.blogspot.com/2013/09</a> .....	4
Figura 2 : Integrador Multidisciplinario .....	4
Figura 3 : Proceso de recolección genómico.....	5
Figura 4 Principales proyectos Desarrollados.....	8
Figura 5. Distribución de cultivos en la Región.....	9