

## Sistemas ómicos integrales: Visión holística, innovadora y sostenible para alimentar al mundo en el año 2050?

**Guillermo Armando Corona-Herrera<sup>1</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0002-5585-9248>

<sup>1</sup> Presidente, Reef Aquaculture Conservancy A.C.,  
Email: reef.aqua.int@gmail.com

Las relaciones que hemos construido los seres humanos con los microorganismos, las plantas y los animales, han permitido que nuestra sociedad moderna se haya desarrollado tecnológicamente. Las poblaciones humanas en la antigüedad se alimentaban mediante la caza, la pesca, la recolección de plantas y/o sus productos. Posteriormente, comenzó la domesticación de organismos para el cultivo de alimentos a principios del Holoceno (~11,700 años); pero no fue sino hasta el inicio de la era Neolítica (~10-11 mil años) que se desarrollaron tecnologías rudimentarias para tal fin. Estas condiciones permitieron el surgimiento de sociedades agropecuarias en Eurasia, Norte de África, Centro y Sudamérica. En el caso específico de la acuicultura, los inicios de esta actividad se remontan aproximadamente hace 4000 años en China. Desde sus orígenes, estas actividades milenarias han motivado al ser humano para crear sistemas tecnológicos que mejoren los índices de producción de los cultivos y que cubran las demandas alimenticias. Por lo que no es casualidad que muchos de los avances tecnológicos y científicos modernos estén ligados con aplicaciones en la producción agropecuaria y acuícola.

De acuerdo con diversas organizaciones internacionales, para el año 2050 se espera un incremento considerable de la población humana (9.9 billones de personas), con la consecuente demanda de alimentos y recursos ambientales. Incluso se han empezado a desarrollar algunas estrategias para evitar la escasez de alimentos en las próximas tres décadas. Bajo este escenario resulta prioritario incrementar el rendimiento de los cultivos y mejorar los sistemas globales de producción alimenticia. Para lograr tales fines, se requiere de una mejor comprensión de la estructura funcional de los genes y genomas, así como de la respuesta fisiológica de los organismos ante los cambios alimenticios y/o ambientales.

En las últimas décadas se ha incrementado sustancialmente el acceso que tiene la humanidad a una gran cantidad de información. En el caso de las ciencias biológicas, esto no ha sido la excepción. En la actualidad existe un enfoque holístico llamado Biología de Sistemas que representa con modelos matemáticos las interacciones de los elementos que influyen en los procesos biológicos. Para comprender los fenómenos a nivel molecular, los análisis se realizan aplicando las ciencias ómicas, que nos permiten cuantificar y caracterizar grupos de moléculas participantes en la estructura o función biológica de una célula, un tejido o un organismo bajo un tiempo y condiciones particulares.

La Genómica, Proteómica y Metabolómica, son ciencias ómicas que estudian las relaciones moleculares que presentan los genes, las proteínas y los metabolitos con un fenotipo final determinado. Además, existen una multiplicidad de ciencias ómicas alrededor de estas tres principales, algunas de las más comúnmente usadas son: La Transcrip-tómica, que estudia cuales son los genes que están activos o expresados y la Epigenómica, que estudia como se controla la actividad o expresión de los genes a nivel del ADN. Ambas disciplinas ayudan a describir, como el medio ambiente (medicinas, dietas, comportamiento, interacciones, radiación, clima, contaminación, etc.) modula la expresión de genes determinados. Aunado a las ciencias anteriores, se encuentra la Microbiómica, que estudia los cambios de las poblaciones de microorganismos en diversos ambientes (suelo, agua, aire, alimentos, cuerpos de los animales, etc.), cuando un factor externo cambia su calidad o cantidad (alimentación, temperatura, fotoperiodo, interacción social, etc.).

En los últimos años se ha logrado obtener la secuencia genómica para algunos de los organismos y microorganismos que se cultivan en el mundo. Esta información se ha utilizado para evaluar la arquitectura, estructura y complejidad



Como Citar (Norma Vancouver):

Corona-Herrera GA. Sistemas ómicos integrales: Visión holística, innovadora y sostenible para alimentar al mundo en el año 2050?. Orinoquia, 2021;25(2):7-12.  
<https://doi.org/10.22579/20112629.704>

molecular, así como describir ciertas características genómicas únicas que poseen. En algunas líneas genéticas de organismos terrestres y acuícolas, se han identificado marcadores moleculares que permiten realizar una conexión de genes específicos con características fenotípicas de rendimiento productivo e importantes rasgos económicos (mejores tasas de conversión alimenticia, crecimiento acelerado, eficiencia reproductiva, calidad del producto, susceptibilidad a enfermedades, entre otros).

El conocimiento de los marcadores moleculares, ha permitido realizar una selección genómica de los organismos, para obtener nuevas generaciones con un mejor rendimiento productivo. A pesar de los avances descritos, en las especies de producción agropecuaria y acuícola nos encontramos todavía en las fases iniciales de aplicación de las ciencias ómicas. Pues la mayoría de los estudios se han centrado en diseños unilaterales sin considerar la interacción integral de los diferentes niveles de control molecular que suceden en los organismos. La integración de las ciencias multi-ómicas (Microbiómica, genómica, epigenómica, transcriptómica, proteómica y metabolómica), en conjunto con el análisis modelado de los datos, son herramientas confiables muy poderosas para entender las relaciones entre las dinámicas moleculares y los fenotipos finales de los organismos y/o microorganismos. En este sentido, se desarrollan marcos de sistemas ómicos integrales que sirven para analizar e integrar los datos multi-ómicos con el fin de mejorar la producción acuícola-agropecuaria, disminuir los impactos ambientales, incrementar la salud y el bienestar animal. Sin duda el futuro será muy prometedor si se utilizan este tipo de herramientas con una visión integral para conocer las asociaciones que existen entre el genoma y el fenoma de las diferentes especies de interés.

La producción masiva de datos ómicos ha generado a su vez el desarrollo de múltiples programas informáticos para procesar la información obtenida. La bioinformática es el campo de las ciencias computacionales que se encarga de adquirir, almacenar, analizar y diseminar los datos provenientes de las ciencias ómicas. Esto es particularmente importante ya que el desarrollo de programas computarizados son un elemento crucial para la innovación de los procesos en la producción agropecuaria y acuícola. Actualmente, existe un reto fundamental a nivel bioinformático ya que en algunos casos no se cuenta con programas específicos que analicen la complejidad de los sistemas y que ayuden a resolver las problemáticas presentadas. Aunado a esto, existe una escasez de personal calificado en bioinformática, por lo que es necesario preparar suficientes investigadores y técnicos capacitados para desarrollar nuevos algoritmos basados en inteligencia artificial que nos ayuden a entender las relaciones biológicas complejas que suceden en los organismos de cultivo, bajo el enfoque de los sistemas ómicos integrales.

Una aplicación significativa del enfoque de los marcos de sistemas ómicos integrales en la producción agropecuaria y acuícola de Latinoamérica, permitirá el desarrollo de tecnologías innovadoras y sostenibles que coadyuven a incrementar la producción mundial de alimentos para el año 2050. Sin embargo, se requiere aumentar el esfuerzo en investigación y desarrollo tecnológico con resultados factibles, para cubrir las necesidades de alimentación de 9.9 billones de personas. Estos retos, representan también una gran oportunidad de inversión; por lo que es prioritario que la iniciativa privada, instituciones académicas, así como entes de gobierno destinen una mayor cantidad de recursos enfocados a resolver las problemáticas de la alimentación humana. Sin duda, la implementación de proyectos con una visión holística permitirá crear industrias innovadoras que produzcan alimentos sostenibles. Además, de generar bienestar socio-económico-ambiental para las generaciones presentes y futuras de Latinoamérica.

## Integrative omic systems: a holistic, innovative and sustainable vision for feeding the world in 2050?

*Guillermo Armando Corona-Herrera*<sup>1</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-5585-9248>

<sup>1</sup> President, Reef Aquaculture Conservancy A.C., e-mail: reef.aqua.int@gmail.com

The relationships that human beings have built with microorganisms, plants and animals have enabled our modern society to develop technologically. Human populations in ancient times fed themselves by hunting, fishing, gathering plants and/or their products. Subsequently, organisms began to be domesticated for food crops in the early Holocene period (~11,700 years ago); however, it was not until the beginning of the Neolithic era (~10-11 thousand years ago) that rudimentary technology was developed for such purpose. These conditions enabled the emergence of agriculture-based societies in Eurasia, North Africa and Central and South America. The beginnings of aquaculture date back around 4,000 years ago in China. Since their origins, such ancient activities have motivated human beings to create technological systems for improving crop production rates and meeting food demand. It is thus no coincidence that many modern technological and scientific advances are linked to applications for agricultural and aquaculture production.

A considerable increase in the human population (9.9 billion people) is expected by 2050 according to various international organisations; this will be accompanied by the consequent increased demand for food and environmental resources. Some strategies have even begun to be developed to avoid food shortages during the next three decades; increasing crop yields and improving global food production systems are priorities imposed by such scenario. Better understanding of genes and genomes' functional structure, along with organisms' physiological responses to dietary and/or environmental changes is required for achieving such goals.

Humanity's access to a large amount of information has increased substantially during recent decades; biological sciences have not been the exception. A holistic approach called Systems Biology currently uses mathematical models to represent the interactions of elements influencing biological processes. Emerging omic technologies/sciences and data analysis techniques can be used to understand molecular phenomena; omics-based analysis enables quantifying and characterising the groups of molecules involved in the structure or biological function of a cell, tissue or organism regarding a particular time and set conditions.

Genomics, proteomics and metabolomics are omic sciences that study genes, proteins and metabolites' molecular relationships with a determined final phenotype. The three main omic sciences have engendered many offshoots; some of the most commonly used ones are transcriptomics which studies which genes are active or expressed and epigenomics which studies how DNA-related gene activity or expression is controlled. Both disciplines help to describe how the environment (medicines, diet, behaviour, interactions, radiation, climate, pollution) modulates the expression of certain genes. Microbiomics studies microorganism population changes in various environments (soil, water, air, food, animal bodies) when an external factor changes their quality or quantity (feeding, temperature, photoperiod, social interaction).

The genomic sequences for some organisms and microorganisms cultivated around the world have been obtained in recent years; this information has been used to assess their molecular architecture, structure and complexity, as well as for describing certain of their unique genomic features. Molecular markers have been identified in some terrestrial and aquaculture organisms' genetic lines, enabling specific genes to be connected with phenotypical characteristics regarding production performance and significant economic traits (better feed conversion rates, accelerated growth, reproductive efficiency, product quality, susceptibility to diseases).



Como Citar (Norma Vancouver):

Corona-Herrera GA. Sistemas ômicos integrals: visão holística, inovadora e sustentável para alimentar o mundo no ano de 2050. *Orinoquia*, 2021;25(2): 7-12.  
<https://doi.org/10.22579/20112629.704>

Knowledge regarding molecular markers has enabled genomic selection of organisms for obtaining new generations having better production performance. Despite such advances, we are still in the initial phases of applying omic sciences to agricultural and aquaculture production species. Most studies have focused on unilateral designs without considering the integrated interaction of different levels of molecular control that occur in organisms. Integrating multi-omic sciences (microbiomics, genomics, epigenomics, transcriptomics, proteomics and metabolomics) with data modelling-based analysis represent very powerful, reliable tools for understanding the relationships between molecular dynamics and organisms and/or microorganisms' final phenotypes. Integrative omic system frameworks can be developed for analysing and integrating multi-omic data for improving aquaculture-agricultural production, reduce environmental impacts and improve animal health and welfare. The future will undoubtedly be very promising if such types of tools are used with an integrated vision for discovering associations between the genome and the phenome of different species of interest.

Mass produced omic data has in turn led to the development of many computer programmes for processing the information so obtained. Bioinformatics is the field of computational sciences which acquires, stores, analyses and disseminates omic science data. This is particularly important since creating/developing computerised programmes is a crucial element regarding agricultural and aquaculture production-related innovation. A fundamental challenge in the field of bioinformatics currently concerns the lack of specific programmes for analysing system complexity in some cases and solving related problems. There is also a shortage of qualified personnel in the bioinformatics field, so enough trained researchers and technicians must be prepared for developing new artificial intelligence-based algorithms to help understand cultured organisms' complex biological relationships using an integrative omic systems approach.

A significant application of the integrative omic systems framework approach regarding agricultural and aquaculture production in Latin America will facilitate the development of innovative and sustainable technologies contributing to increasing world food production by 2050. However, research and technological development efforts, along with feasible results, must be increased to cover 9.9 billion people's food needs. Such challenges also represent a great investment opportunity; it has thus become a priority that private initiative, academic institutions and government entities allocate a greater amount of resources focused on solving human nutrition problems. Introducing and running projects having a holistic vision will undoubtedly enable the creation of innovative industries for producing sustainable food as well as creating socio-economic-environmental wellbeing for present and future generations in Latin America.

## Sistemas ônicos integrais: visão holística, inovadora e sustentável para alimentar o mundo no ano de 2050?.

**Guillermo Armando Corona-Herrera<sup>1</sup>**

 <https://orcid.org/0000-0002-5585-9248>

<sup>1</sup> Presidente, Reef Aquaculture Conservancy A.C.,  
Email: reef.aqua.int@gmail.com

As relações que nós seres humanos construímos com microrganismos, plantas e animais permitiram que nossa sociedade moderna se desenvolvesse tecnologicamente. Populações humanas na antiguidade alimentavam-se da caça, pesca, coleta de plantas e/ou seus produtos. Posteriormente, a domesticação de organismos para culturas alimentares começou no início do Holoceno (~11.700 anos); mas não foi até o início da era neolítica (~10-11 mil anos) que tecnologias rudimentares foram desenvolvidas para esse fim. Essas condições permitiram o surgimento de sociedades agrícolas na Eurásia, Norte da África, América Central e do Sul. No caso específico da aquicultura, o início desta atividade remonta a aproximadamente 4.000 anos na China. Desde suas origens, essas atividades ancestrais têm motivado o ser humano a criar sistemas tecnológicos que melhorem os índices de produção agrícola e atendam às demandas alimentares. Portanto, não é por acaso que muitos dos avanços tecnológicos e científicos modernos estão ligados a aplicações na produção agrícola e aquícola.

Segundo diversos organismos internacionais, espera-se um aumento considerável da população humana (9,9 bilhões de pessoas) até 2050, com a conseqüente demanda por alimentos e recursos ambientais. Algumas estratégias começaram a ser desenvolvidas para evitar a escassez de alimentos nas próximas três décadas. Nesse cenário, é prioritário aumentar o rendimento das culturas e melhorar os sistemas globais de produção de alimentos. Para atingir tais objetivos, é necessária uma melhor compreensão da estrutura funcional dos genes e genomas, bem como da resposta fisiológica dos organismos às mudanças dietéticas e/ou ambientais.

Nas últimas décadas, o acesso da humanidade a uma grande quantidade de informações aumentou substancialmente. No caso das ciências biológicas, isso não foi exceção. Atualmente existe uma abordagem holística chamada Biologia de Sistemas que representa com modelos matemáticos as interações dos elementos que influenciam os processos biológicos. Para compreender os fenômenos em nível molecular, as análises são realizadas por meio da aplicação das ciências ômicas, que permitem quantificar e caracterizar grupos de moléculas envolvidas na estrutura ou função biológica de uma célula, tecido ou organismo sob condições e tempo particulares.

Genômica, Proteômica e Metabolômica são ciências ômicas que estudam as relações moleculares que genes, proteínas e metabólitos apresentam com um determinado fenótipo final. Além disso, há uma multiplicidade de ciências ômicas em torno dessas três principais, algumas das mais utilizadas são: a transcriptômica, que estuda quais genes estão ativos ou expressos, e a epigenômica, que estuda como controla-se a atividade ou expressão dos genes no nível do DNA. Ambas as disciplinas ajudam a descrever como o ambiente (medicamentos, dietas, comportamento, interações, radiação, clima, poluição, etc.) modula a expressão de certos genes. Além das ciências anteriores, existe a Microbiômica, que estuda as mudanças nas populações de microrganismos em diversos ambientes (solo, água, ar, alimentos, corpos de animais, etc.), quando um fator externo muda sua qualidade ou quantidade (alimentação, temperatura, fotoperíodo, interação social, etc.).

Nos últimos anos, foi possível obter a sequência genômica de alguns dos organismos e microrganismos que são cultivados no mundo. Essas informações foram usadas para avaliar sua arquitetura molecular, estrutura e complexidade, bem como para descrever certas características genômicas únicas que possuem. Em algumas linhagens genéticas de organismos terrestres e aquícolas, foram identificados marcadores moleculares que permitem uma conexão de genes específicos com características fenotípicas de desempenho produtivo e características econômicas



Como Citar (Norma Vancouver):

Corona-Herrera GA. Sistemas ônicos integrais: visão holística, inovadora e sustentável para alimentar o mundo no ano de 2050?. *Orinoquia*, 2021;25(2): 7-12.  
<https://doi.org/10.22579/20112629.704>

importantes (melhores taxas de conversão alimentar, crescimento acelerado, eficiência reprodutiva, qualidade do produto, suscetibilidade a doenças, entre outros).

O conhecimento de marcadores moleculares tem permitido uma seleção genômica de organismos para obtenção de novas gerações com melhor desempenho produtivo. Apesar dos avanços descritos, nas espécies de produção agrícola e aquícola ainda estamos nas fases iniciais da aplicação das ciências ômicas. Bem, a maioria dos estudos se concentraram em desenhos unilaterais sem considerar a interação abrangente dos diferentes níveis de controle molecular que ocorrem nos organismos. A integração de ciências multi-ômicas (microbiômica, genômica, epigenômica, transcriptômica, proteômica e metabolômica), juntamente com a análise de dados modelados, são ferramentas confiáveis muito poderosas para entender as relações entre a dinâmica molecular e os fenótipos finais de organismos e/ou microrganismos. Nesse sentido, são desenvolvidos frameworks abrangentes de sistemas ômicos que servem para analisar e integrar dados multiômicos para melhorar a produção aquícola-agrícola, reduzir impactos ambientais e aumentar a saúde e o bem-estar animal. Sem dúvida, o futuro será muito promissor se esses tipos de ferramentas forem usados com uma visão abrangente para descobrir as associações que existem entre o genoma e o fenômeno das diferentes espécies de interesse.

A produção massiva de dados ômicos gerou, por sua vez, o desenvolvimento de múltiplos programas de computador para processar as informações obtidas. A bioinformática é o campo das ciências da computação responsável por adquirir, armazenar, analisar e divulgar dados das ciências ômicas. Isto é particularmente importante porque o desenvolvimento de programas informatizados é um elemento crucial para a inovação dos processos de produção agrícola e aquícola. Atualmente, existe um desafio fundamental ao nível da bioinformática uma vez que em alguns casos não existem programas específicos que analisem a complexidade dos sistemas e que ajudem a resolver os problemas apresentados. Além disso, há escassez de pessoal qualificado em bioinformática, por isso é necessário preparar pesquisadores e técnicos capacitados em número suficiente para desenvolver novos algoritmos baseados em inteligência artificial que nos ajudem a entender as complexas relações biológicas que ocorrem em organismos cultivados, sob a abordagem de sistemas ômicos integrais.

Uma aplicação significativa do arcabouço de sistemas ômicos abrangentes na produção agrícola e aquícola na América Latina permitirá o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e sustentáveis que ajudarão a aumentar a produção mundial de alimentos até o ano 2050. No entanto, é necessário aumentar o esforço em pesquisa e desenvolvimento tecnológico com resultados viáveis, para cobrir as necessidades alimentares de 9,9 bilhões de pessoas. Esses desafios também representam uma grande oportunidade de investimento; portanto, é prioritário que a iniciativa privada, instituições acadêmicas, bem como entidades governamentais aloquem maior quantidade de recursos voltados para a resolução dos problemas de nutrição humana. Sem dúvida, a implementação de projetos com visão holística permitirá a criação de indústrias inovadoras que produzam alimentos sustentáveis. Além disso, gerar bem-estar socioeconômico-ambiental para as gerações presentes e futuras na América Latina.