a) Área Vegetal

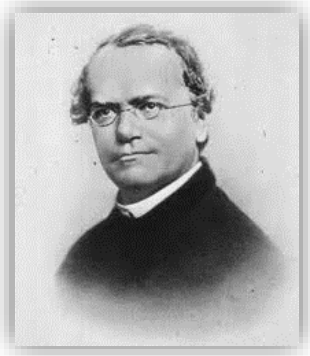
1) Epigenética

Luis Carlos da Silva Ramos

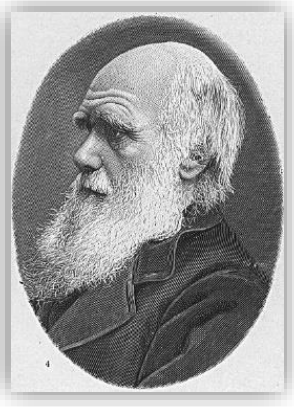
PhD Plant Breeding and Genetics – Texas A&M University (1985). Atualmente é Pq C VI do Centro de Recursos Genéticos Vegetais do IAC e Conselheiro da Associação de Engenheiros e Arquitetos de Campinas. Pesquisa na área de Agronomia, com ênfase em Genética e Melhoramento Vegetal. As culturas em que mais atua profissionalmente são: Café (Coffea spp.) e Trigo (Triticum spp.), em: Embriogênese Somática, Cultura de Tecidos, Melhoramento, Clonagem, Cultura de Anteras, e Micropropagação. Outros trabalhos se destacam na Produção de óleo em Mamona (Ricinus communis) e Pinhão-manso (Jatropha curcas). Além de ser formado como Eng. Agr., graduou-se em Direito (OAB-SP) onde se especializou em direito autoral, particularmente afeto á agronomia (patentes, cultivares, ambiente...)

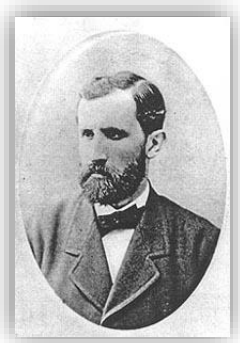
O autor agradece sugestões da Profa. Carmem Gottfried, UFRS

A descoberta da epigenética culmina um longo caminho dos avanços significativos da ciência, particularmente da genética. De modo geral, o avanço das ciências não deixa de sofrer interferências políticas, mesmo no campo da genética. Algumas pouco perceptíveis, mas outras não, como no caso do cientista russo Trofim Denisovič Lysenko, contrapondo-se às "leis de Mendel" elaboradas por **Gregor Johann Mendel**, na década de 1930 com a ideia da influência do ambiente na hereditariedade de caracteres. Hoje a epigenética traz de volta esta suspeita, diz-se, face ao fato da descoberta de alterações epigenéticas, induzidas pelo meio ambiente e até herdáveis. Assim, a compreensão da epigenética fica mais fácil vendo-a na perspectiva da história da própria genética: o século XX é considerado como o século da genética, enquanto sugere-se que o XXI será o da epigenética. Significa que estamos engatinhando neste fantástico campo, ainda.



Independentemente do início da história da genética propriamente dita, um marco relevante ocorreu com a elaboração da teoria da evolução, por **Charles Robert Darwin** (1809 – 1882), publicada em 1859, "A origem das espécies" (*On the Origin of Species*), mas, não relacionada à genética na época.





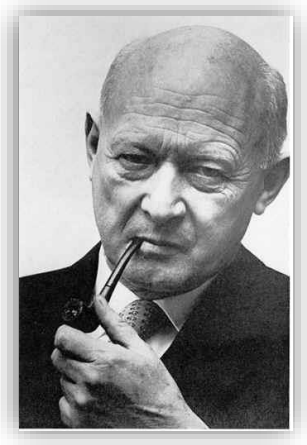
Certamente a mais notável e revolucionaria descoberta para a genética foi a do monge Mendel (1822 – 1884), que publicou seus resultados em 1865, descrevendo as "unidades invisíveis de herança", 40 anos mais tarde chamadas de genes. Todavia, o conhecimento de Mendel só foi "descoberto" em 1.900, quando Hugo de Vries, Erich Von Tschermak, e Carl Correns publicaram trabalhos corroborando os mecanismos da hereditariedade de Mendel.

Independentemente dos dois acontecimentos anteriores, **Johann Friedrich Miescher** (1844 – 1895) descobriu o DNA em 1868, chamando-o de "nucleina". A "nucleina" era um composto que incluía os ácidos nucleicos e histonas, formando a cromatina. Logo em seguida, em 1871, o DNA foi isolado de esperma de trutas do rio Reno, ainda sem relação com a descoberta dos cromossomos, feita em 1882, por Walther Flemming (1843 – 1905).

Somente em 1907, Thomas Hunt Morgan provou que os cromossomos tinham uma função definida na hereditariedade. Já em 1910, o mesmo Morgan provou que os genes se encontravam nos cromossomos firmando as bases para a moderna "genética". Finalmente, em 1952 Alfred Hershey e Martha Chase estabeleceram provas de que o DNA era realmente o "material genético", deixando de ser a "unidade invisível" da hereditariedade. No ano seguinte, 1953, Watson e Crick finalmente desvendaram a estrutura do DNA. Daí mais uma década foi decifrado o código genético por Holley, Khorana, Nirenberg, em 1961. Outros eventos significativos foram a construção do primeiro DNA recombinante de plasmídeo por Stanley Cohen & Herbert Boyer em 1972; os primeiros animais e drosófilas transgênicas criadas em 1981 e as primeiras plantas transgênicas patenteadas nos EUA em 1983, obtidas via engenharia genética. Visto assim, fica fácil compreender da razão de se nomear o século XX como o da genética.

O estudo do crescimento e desenvolvimento das plantas, a ontogenia, é mediado principalmente através da ativação e desativação de genes, dependendo da fase específica da planta. A inativação ou ativação pode ser realizada por meio de metilação ou demetilação dos genes ou das cromatinas. Este processo não altera em nada sequência ou conteúdo do gene, mas adiciona ou remove um radical metil, por exemplo, num site

específico do gene ou do cromossomo. Este processo pode ser chamado de controle epigenético.



A expressão "epigenética" já fora originalmente mencionada por **Conrad Hal Waddington** na década de 1940, como o estudo de fenômenos que agem para produzir o fenótipo a partir do genótipo, diferentemente da forma entendida hoje. A visão de Waddington da epigenética abrange os campos da biologia do desenvolvimento e da biologia evolutiva do desenvolvimento, muito amplos, portanto. Nesta visão, ele descrevia como os padrões de mudança na expressão gênica ocorrem durante a ontogenia e evolução. Na forma como compreendemos hoje, nome epigenética foi mencionado em 1993, por Susan W. Herring, em alusão a "séries de interações entre células e seus produtos que leva a morfogênese e diferenciação". Naturalmente, a compreensão de como funciona todo o processo do desenvolvimento nos seres vivos seria um objetivo final para que pudéssemos alterar o desenvolvimento de plantas para direções desejáveis de interesse na agricultura ou da alimentação.

Da mesma forma que os conhecimentos da genética aplicados ao melhoramento de plantas provocaram uma revolução na agricultura pela descoberta e uso do fenomeno da heterose, por G. H. Shultz (1874 – 1954) já em 1908 nos EUA, este avanço também chegou ao Brasil na década de 1930, por "um dos pais da genética brasileira" o pesquisador **Carlos Arnaldo Krug**, do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), com a introdução do milho híbrido. Varios e importantes eventos marcaram as pesquisas com o melhoramento genético na agricultura, culminando com o mapeamento genético molecular e físico, a transgenia e a edição do próprio DNA, bem recentemente.

No que tange à epigenética e afeto à biologia reprodutiva de plantas de importância agronomica, ainda nos resta muito saber como se dá esse controle. Apesar de já ser conhecida a ação típica de muitos genes homeóticos nas formas de vários seres vivos, como insetos, mamíferos, plantas, etc., estão sendo descobertos os efeitos epigenéticos relevantes no processo de "construção" deles, bem como de seus diferentes orgãos.

Por outro lado, são comumente empregados alguns tratamentos de pré-indução em sementes ("*seed priming*"), que já tem sido usados como forma de aprimorar a germinação em algumas espécies agrícolas. Recentemente trabalhos genéticos e genômicos mostraram que ocorre alteração na expressão gênica no embrião e que perdura no desenvolvimento posterior, como estresse osmótico e o salino. Assim, tratamentos feitos na "fase de semente" redundaram em plantas que tiveram efeitos benéficos posteriores na "fase

adulta". Este tipo de controle da expressão gênica poderia ser até explicado pela epigenética, por exemplo.

Estudos de sintenia cromossomica são importantes por revelarem a evolução de espécies do ponto de vista cromossomico. Segmentos dos cromossomos "caminham" incolumes na evolução das espécies. Assim, ao fazermos estudos de sintenia cromossomica usando espécies alvo com outras de plantas interrelacionadas, poder-se-iam desvendar alterações genômicas evolutivas interessantes. Isso é feito comparando-se os segmentos de espécies desconhecidas aos das já extensivamente estudadas, como a crucifera *Arabidopsis*, por exemplo.

Espécies diversas, nativas ou não, podem apresentar caracteristicas altamente desejáveis do ponto de vista do melhoramento genético. Tais caracteristicas seriam intratáveis do ponto de vista do melhoramento clássico, dada a enorme barreira evolutiva entre elas. Tão pouco a transgenia poderia ser útil, a menos que se conhecessem individualmente e profundamente os genes estranhos para efetuar as suas transferencias, além dos impactos negativos da tecnica em sí, que ocorrem em muitos países. Estas, por sua vez, poderiam ser aproveitadas do ponto de vista da epigenética, readaptadas para direcionar caracteres de interesse nas espécies agronomicas, como fases de colheita, tipo de inflorescencia, adaptar plantas à condições mais adversas, converter hábito perene para anual, alterar porte arredondado para colunar em árvores, tamanho de frutos e de inflorescencias, por exemplo, sem usar a tecnologia da transgenia.

Hoje este trabalho ainda seria monumental para um indivíduo, mas viavel para instituições integradas, que deveriam agregar conhecimentos das diferentes espécies de plantas em distintas disciplinas da ciencia, como a agronomia, botânica, genética, bioinformática, nutrição, etc., uma tarefa para alguém com uma visão macro desse sistema... Isso seria um sonho? Espero que não!

"A origem do universo e a nossa origem...
O Universo surgiu de um "BIG BANG", diz a mais recente teoria da cosmologia;
Nós nos identificamos com todos os seres vivos pela nossa origem comum, diz a atual teoria da evolução;
Nós nos identificamos com nosso sistema solar, que nos deu as moléculas, que propiciaram o surgimento da vida;
Nós nos identificamos com o universo, que criou todos os átomos após o "BIG BANG" (nucleossíntese), que constituem todas as nossas moléculas.
Como espécie, não somos um mundo à parte; somos parte desse universo. Temos que ter a consciência de ajudar a preservá-lo; é a nossa obrigação. "

Extraído do programa "O Universo", de "The History Channel". 15 de abril de 2009.