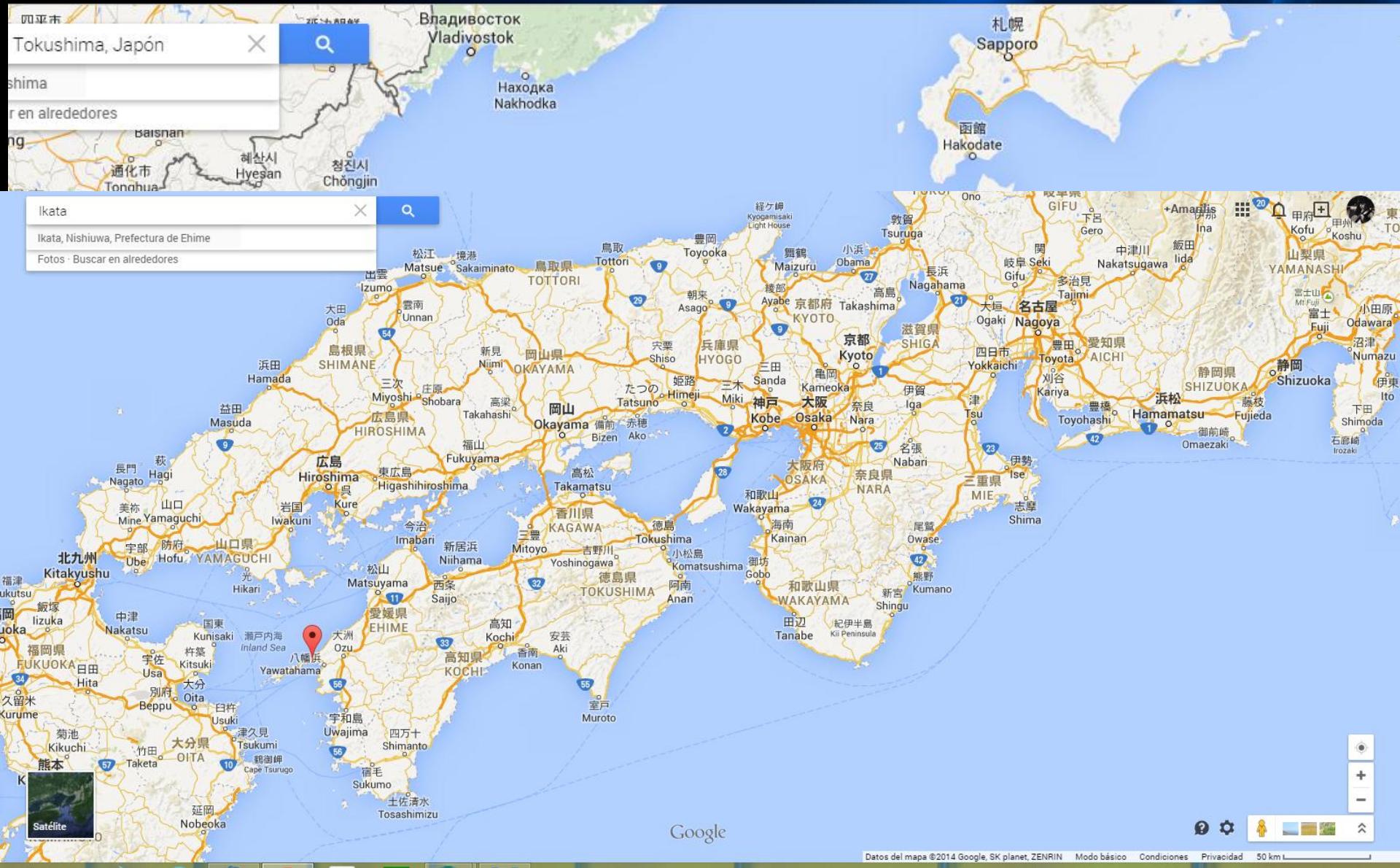




Nobel Prize in Physics 2014

Led Azul: objetivos, desarrollo, y la consecución del premio nobel 2014





USA.

Uva



Professor at Nagoya University,
Japan.



of Light 2015

Blue LEDs – Filling the world with new light

Isamu Akasaki, Hiroshi Amano y Shuji Nakamura son reconocidos por inventar una nueva fuente de luz (el LED azul) de alta eficiencia energética y respetuosa con el medio ambiente. Conforme al espíritu de Alfred Nobel, el Premio reconoce inventos con grandes beneficios para la humanidad. El led azul ha supuesto una nueva forma de crear luz blanca. Con la llegada de las lámparas LED disponemos de fuentes de luz mucho más duraderas y eficientes que las tecnologías antiguas, y a diferencia de las lámparas fluorescentes no contienen mercurio.

En el momento en que Akasaki, Amano y Nakamura llegaron a Estocolmo para asistir a la ceremonia de entrega de los premios Nobel pudieron constatar que la luz que ellos inventaron iluminaba gran parte de las ventanas de la ciudad. Las lámpara de LED blancas

En esta charla

- 💡 Breve reseña histórica
- 💡 El diodo electroluminiscente: Fundamentos físicos
- 💡 The “reverse salients”*: retos tecnológicos
- 💡 Los premiados: principales contribuciones
- 💡 Aplicaciones del led azul

*Tom Hughes

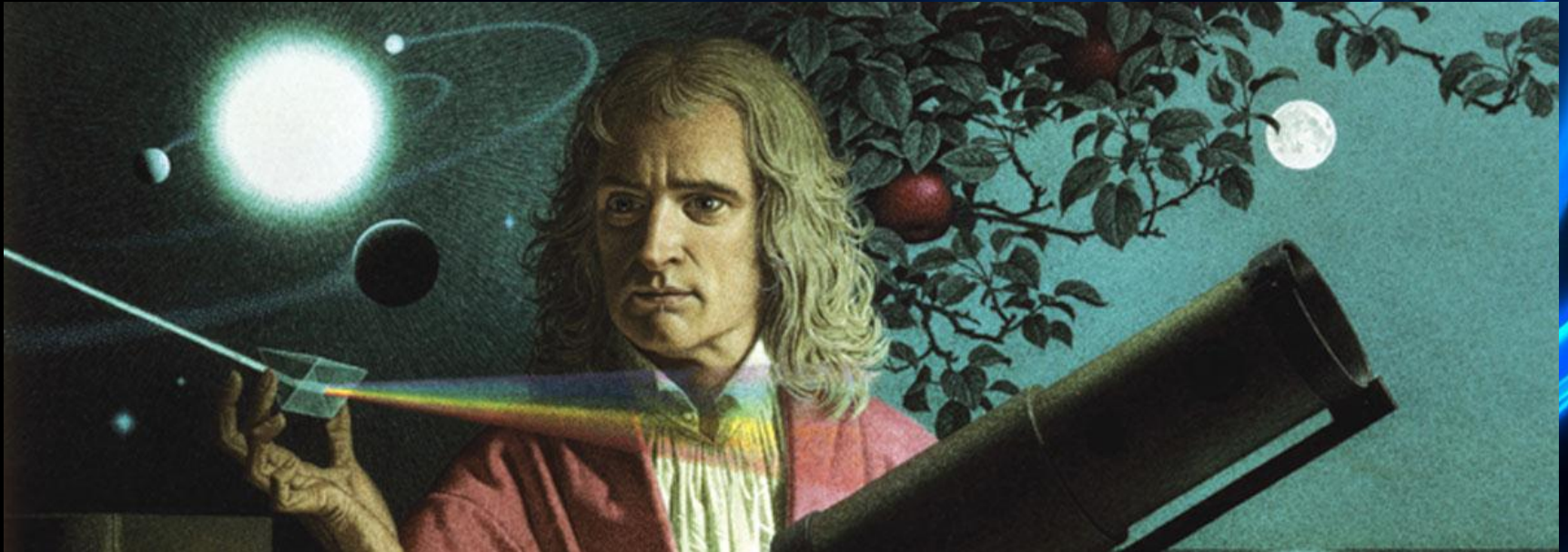


International Year
of Light 2015



Breve reseña histórica

La Ciencia: una tarea cooperativa y solidaria



Isaac Newton:

“If I have seen further it is by standing on the shoulders of a giant”



International Year
of Light 2015



1907 - **H.J. Round** discovered electroluminescence in a vacuum tube. Oleg Losev independently discovered electroluminescence in a vacuum tube in London, United Kingdom



1920s - **Oleg V. Losev** studied the phenomenon of electroluminescence. His first work on 'LEDs' involved a report on electroluminescence in a vacuum tube. He published a detailed report but his work was largely ignored and his papers resurfaced in the 1960s.
Saint Petersburg, Russia



Robert Biard



Gary Pittman

1961 - **Bob Biard** and **Gary Pittman** developed the first modern LED. They tried to make a laser diode. The discovery was made using a zinc diffused area of a GaAs (Gallium Arsenide) crystal.
Dallas, Texas

Photo: Robert Biard



1962 - **Nick Holonyack Jr.** develops the first practical LED using GaAsP (Gallium Arsenide Phosphide) crystal.
Syracuse, New York

Photo: PD-USGOV

Dec. 20, 1966

J. R. BIARD ET AL

3,293,513

SEMICONDUCTOR RADIANT DIODE

Filed Aug. 8, 1962

3 Sheets-Sheet 1

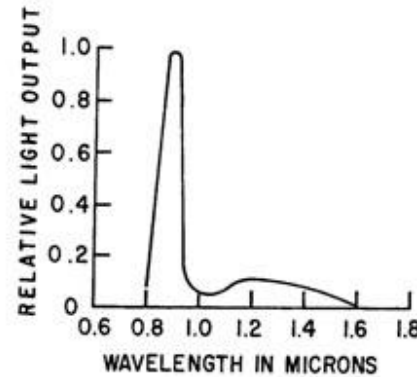
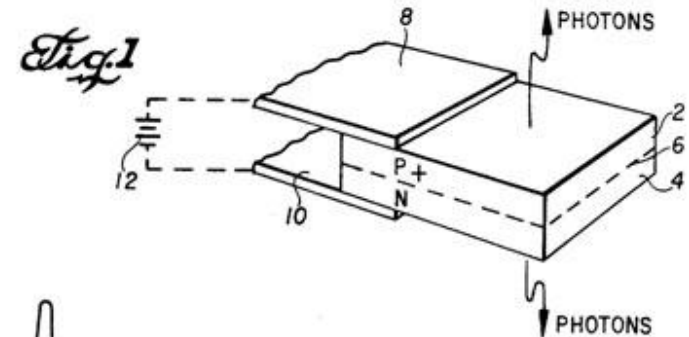


Fig. 2

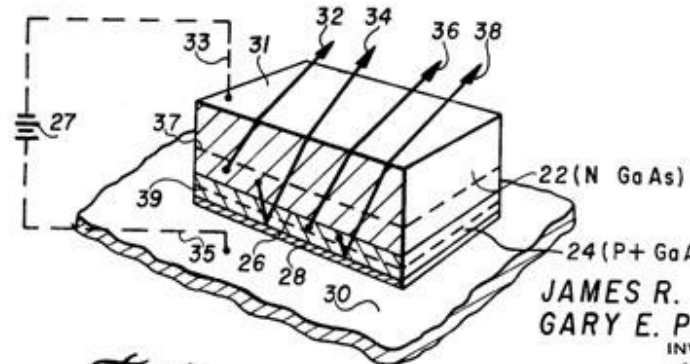


Fig. 3

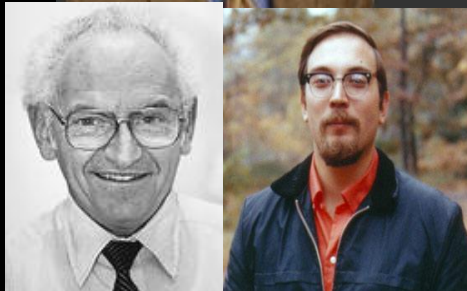
JAMES R. BIARD
GARY E. PITTMAN
INVENTORS

BY *James O. Johnson*
ATTORNEY



1972 - M. George Craford creates the first yellow LED at Monsanto using GaAsP. He also develops a brighter red LED.
St. Louis, Missouri

Photo: Semicon West 2012



1972 - Herbert Maruska and Jacques Pankove develop the violet LED using Mg-doped GaN films. The violet LED is the foundation for the true blue LED developed later.
RCA Labs, New Jersey



1979 - Shuji Nakamura develops the world's first bright blue LED using GaN (Gallium nitride). It wouldn't be until the 1990s that the blue LED would become low cost for commercial production.
Tokushima, Japan

Photo: Randy Lamb, UC Santa Barbara



1976 - Thomas P. Pearsall develops special high brightness LEDs for fiber optic use. This improves communications technology worldwide. *Paris, France*

Photo: T.P. Pearsall



of Light 2015

1962



Nick Holonyak
Syracuse, NY

1972



George Craford
St. Louis, MI

1993

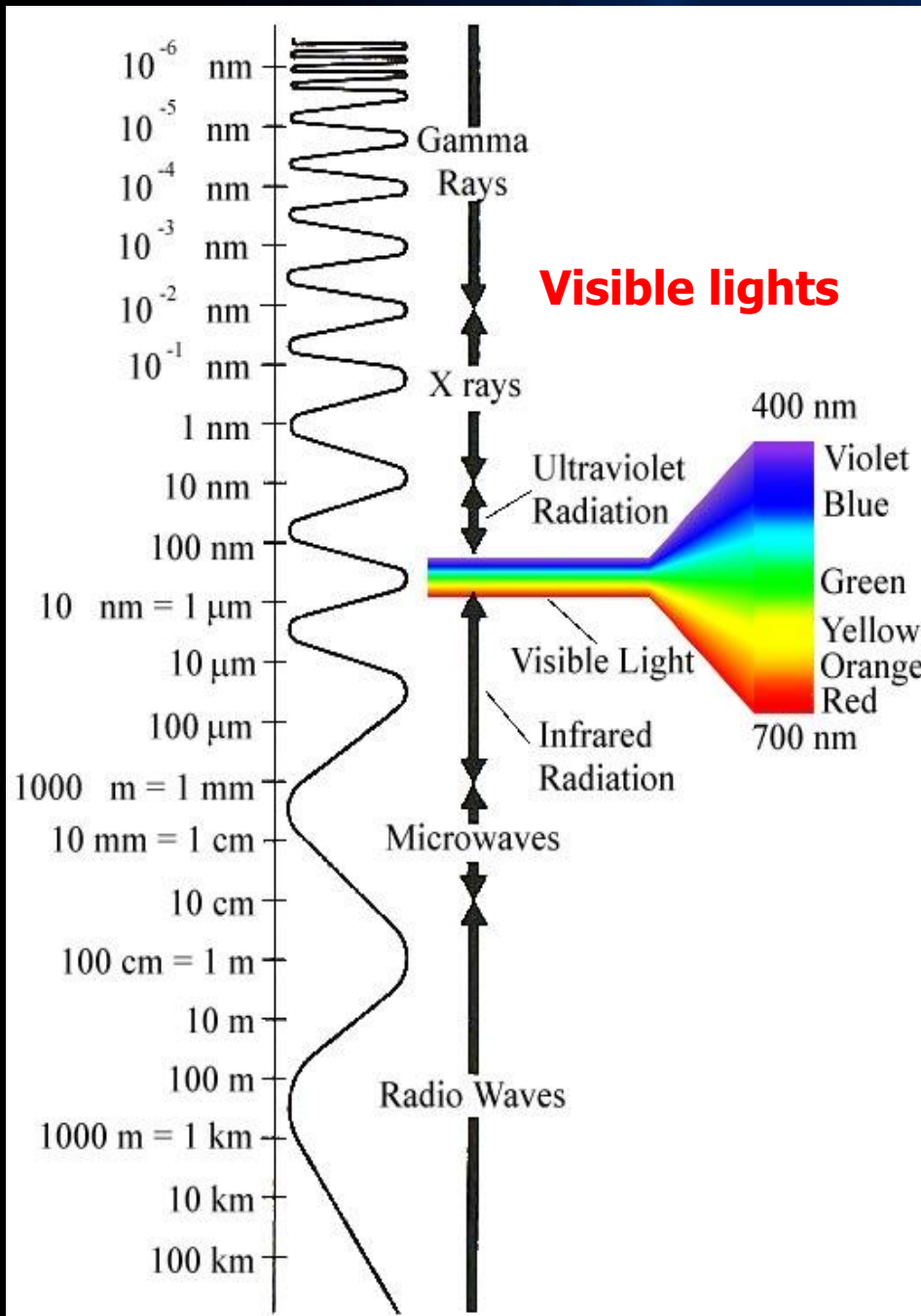


*Shuji Nakamura
Tokushima, Japan

www.EdisonTechCenter.org



International Year
of Light 2015



Violet ~ 3.17eV
Blue ~ 2.73eV
Green ~ 2.52eV
Yellow ~ 2.15eV
Orange ~ 2.08eV
Red ~ 1.62eV



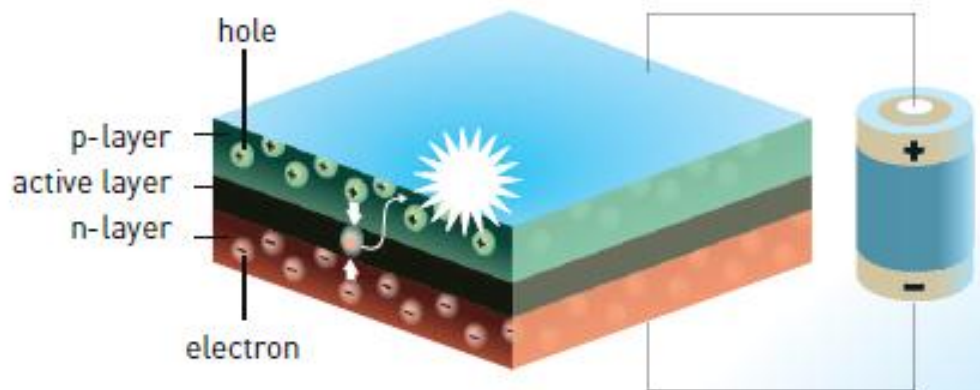
**International Year
of Light 2015**



Light-emitting diodes: principles

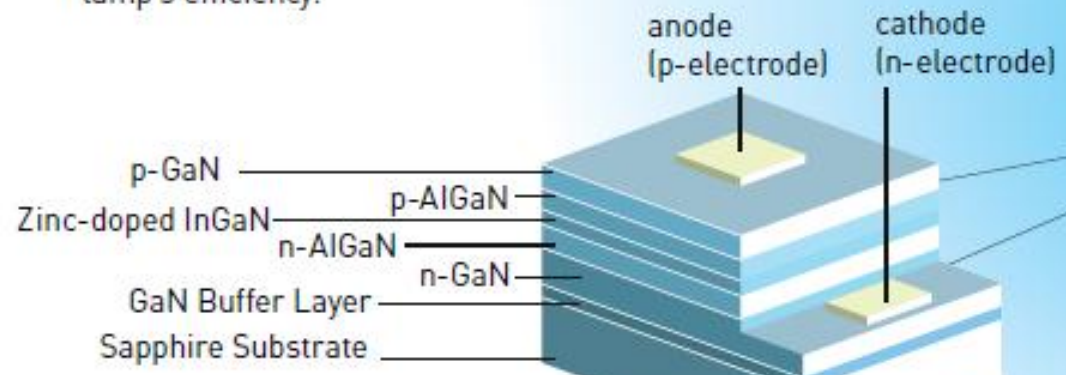


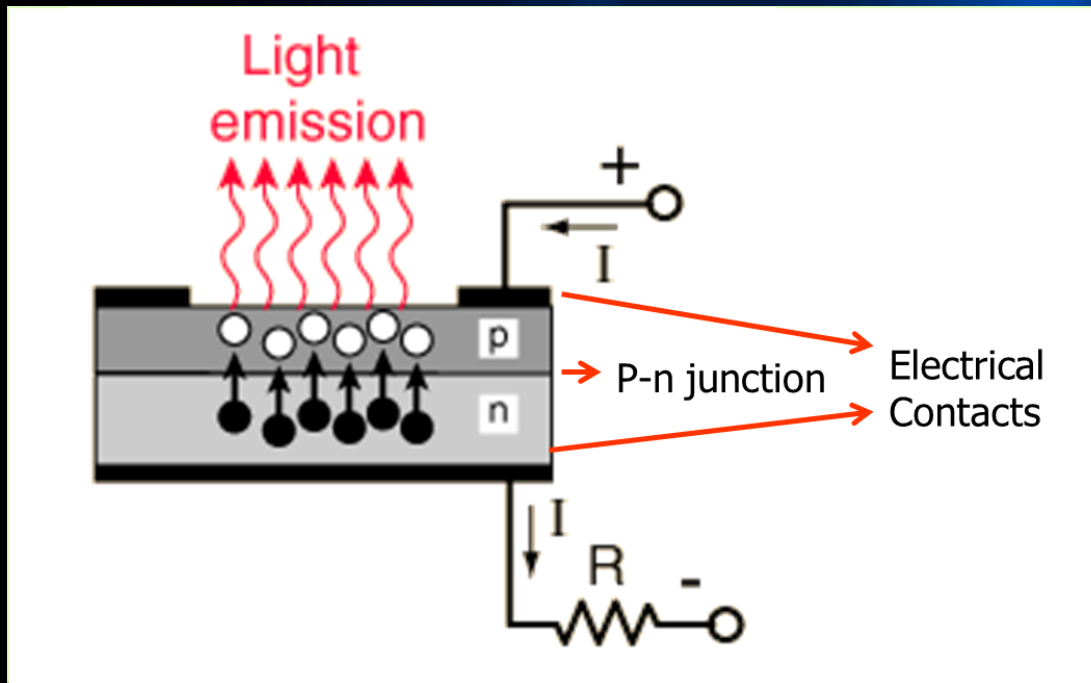
◀ **The heart of the LED.** A light-emitting diode consists of several layers of semiconducting materials. Electrical voltage drives electrons from the n-layer and holes from the p-layer to the active layer, where they recombine and



◀ **The heart of the LED.** A light-emitting diode consists of several layers of semiconducting materials. Electrical voltage drives electrons from the n-layer and holes from the p-layer to the active layer, where they recombine and light is emitted. The light's wavelength depends entirely on the semiconducting material used. The LED is no larger than a grain of sand.

... and eventually, the Laureates succeeded in increasing the lamp's efficiency.



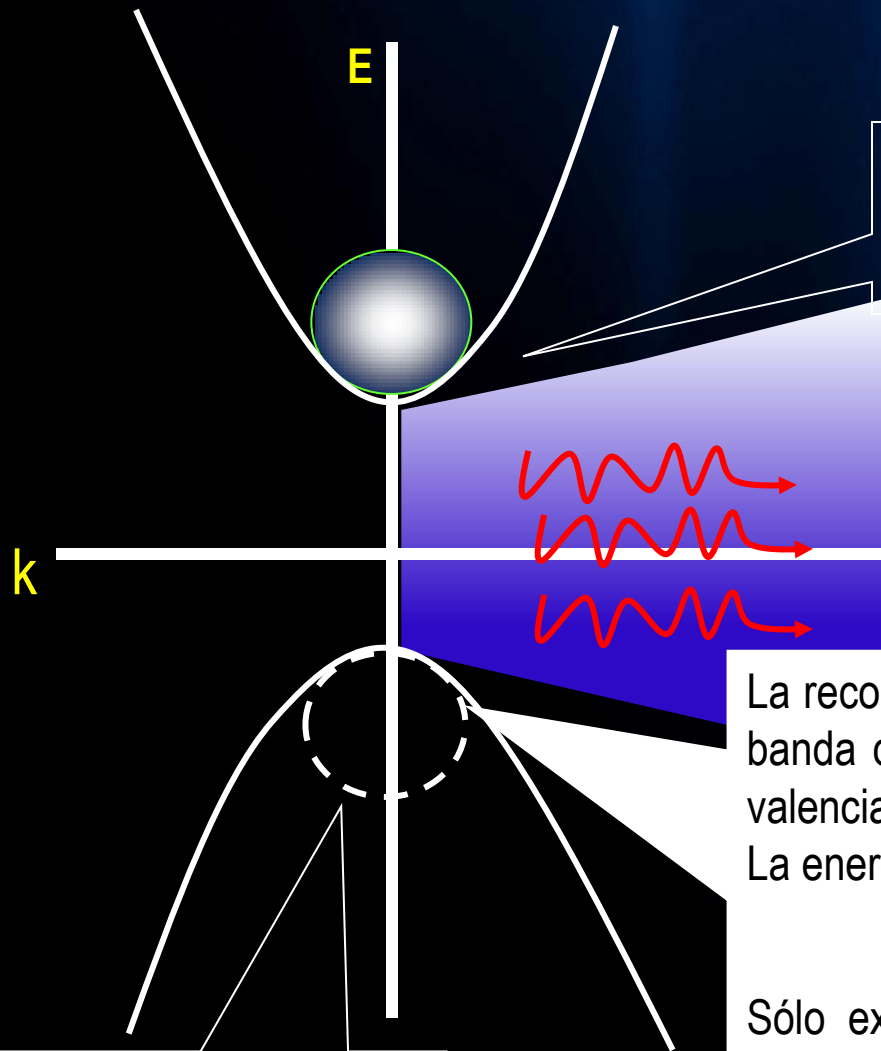


La tecnología LED se origina en el mismo contexto que toda la industria microelectrónica. Sus fundamentos se encuentran en fenómenos cuánticos. Un diodo LED consta de varias capas: una capa de tipo n con un exceso de electrones libres, y una capa de tipo p con una cantidad insuficiente de electrones (cargas negativas), o como se dice habitualmente con un exceso de “huecos” (cargas positivas). Cuando un electrón y un hueco coinciden en el mismo lugar espacial el electrón se recombina en el hueco, pierde energía (cae desde la banda de conducción a la de valencia), y esa energía perdida da lugar a la emisión de un fotón con esa misma energía (el gap del semiconductor)



International Year
of Light 2015

Recombinación radiativa



Los electrones son promovidos a la banda de conducción por la tensión de alimentación directa.

La recombinación tiene lugar entre el mínimo de la banda de conducción y el máximo de la banda de valencia.

La energía de los fotones emitidos es por tanto:

$$hc/\lambda = E_c - E_v = E_g$$

Sólo existe transición radiativa si el band gap es directo, en otro casos la energía se pierde en vibraciones mecánicas (fonones) de la red cristalina

Los huecos se encuentran en la banda de valencia



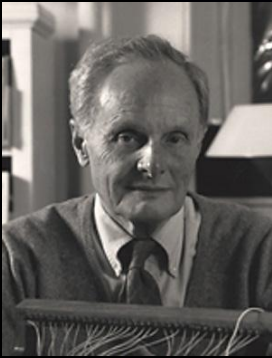
SC tipo n
Capa de confinamiento
SC tipo p



Un porcentaje importante de electrones y huecos no llega a recombinarse.



Electrones y huecos son confinados en una zona activa dando lugar a una mayor tasa de recombinación.



The “reverse salients” : los retos tecnológicos

- El eminente historiador sobre Tecnología **Tom P. Hughes** emplea una metáfora militar para describir los problemas que permanecen sin resolver cuando los sistemas tecnológicos se expanden:

The reverse salients

“Innovation advances across a broad front, leaving reverse salients sticking out behind”

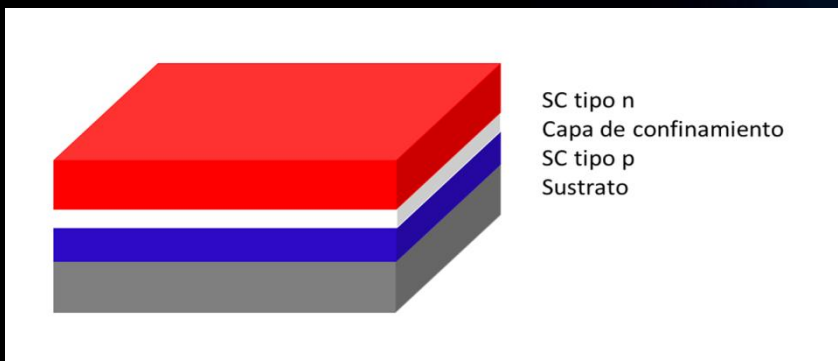
- Estos “flancos débiles” resultan tremendamente atractivos para los inventores más ambiciosos.
- El caso del LED azul es paradigmático.



**International Year
of Light 2015**

Materiales Adecuados para LED's: Requisitos

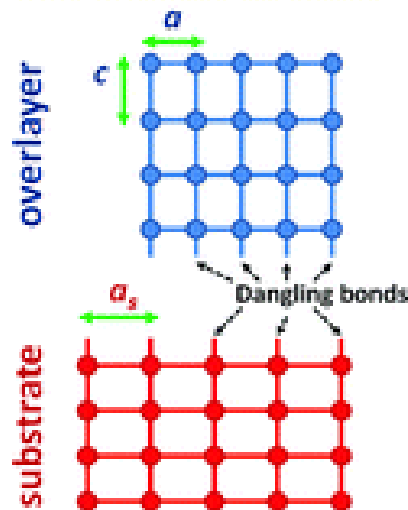
- Capa de confinamiento: Band gap adecuado al color de la luz
- Fabricación de materiales cristalinos de alta calidad (libres de defectos)
- Dopado de tipo p y tipo n
- Redes cristalinas compatibles entre los distintos materiales



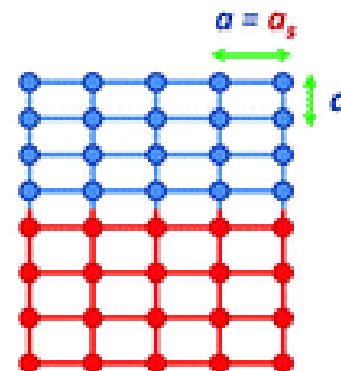
International Year
of Light 2015

Problema del ajuste de la red cristalina

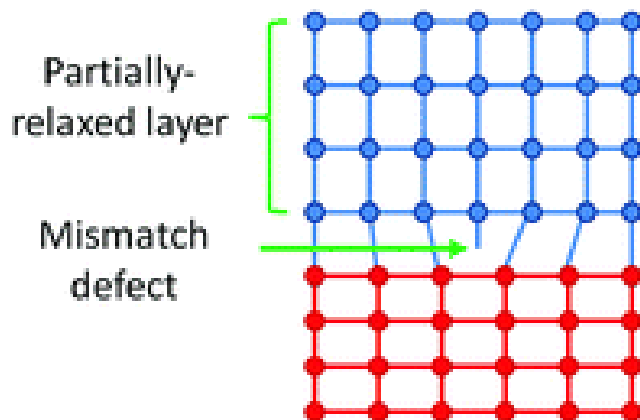
(a) Freestanding form



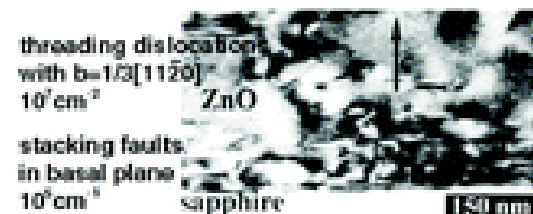
(b) Heteroepitaxy



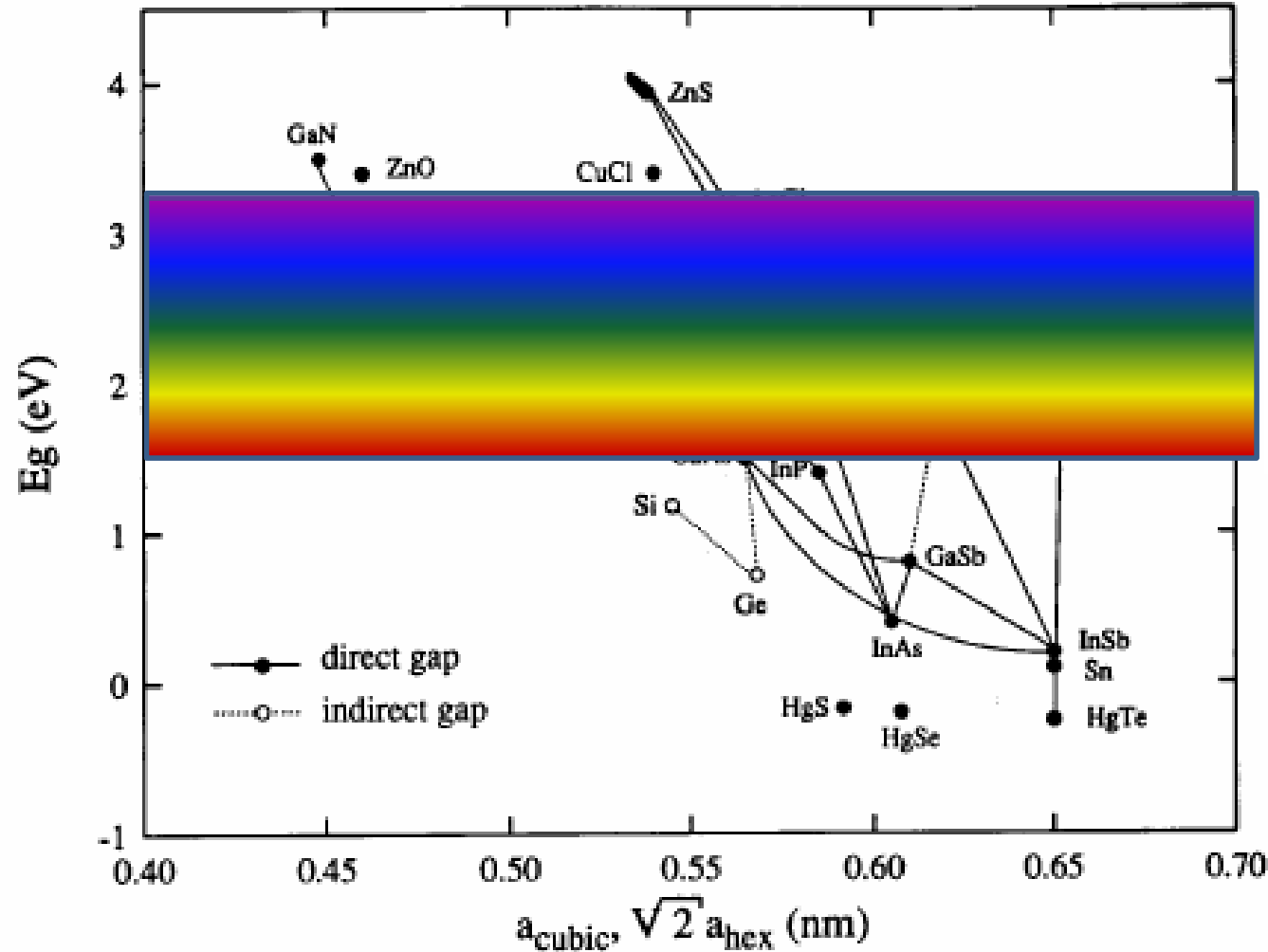
(c) Mismatch Defect in heteroepitaxy



(d) TEM of bulk heteroepitaxy



Materiales Adecuados para LED's



ULTRAVIOLETA

Violet $\sim 3.17\text{eV}$
Blue $\sim 2.73\text{eV}$
Green $\sim 2.52\text{eV}$
Yellow $\sim 2.15\text{eV}$
Orange $\sim 2.08\text{eV}$
Red $\sim 1.62\text{eV}$

INFRARROJO

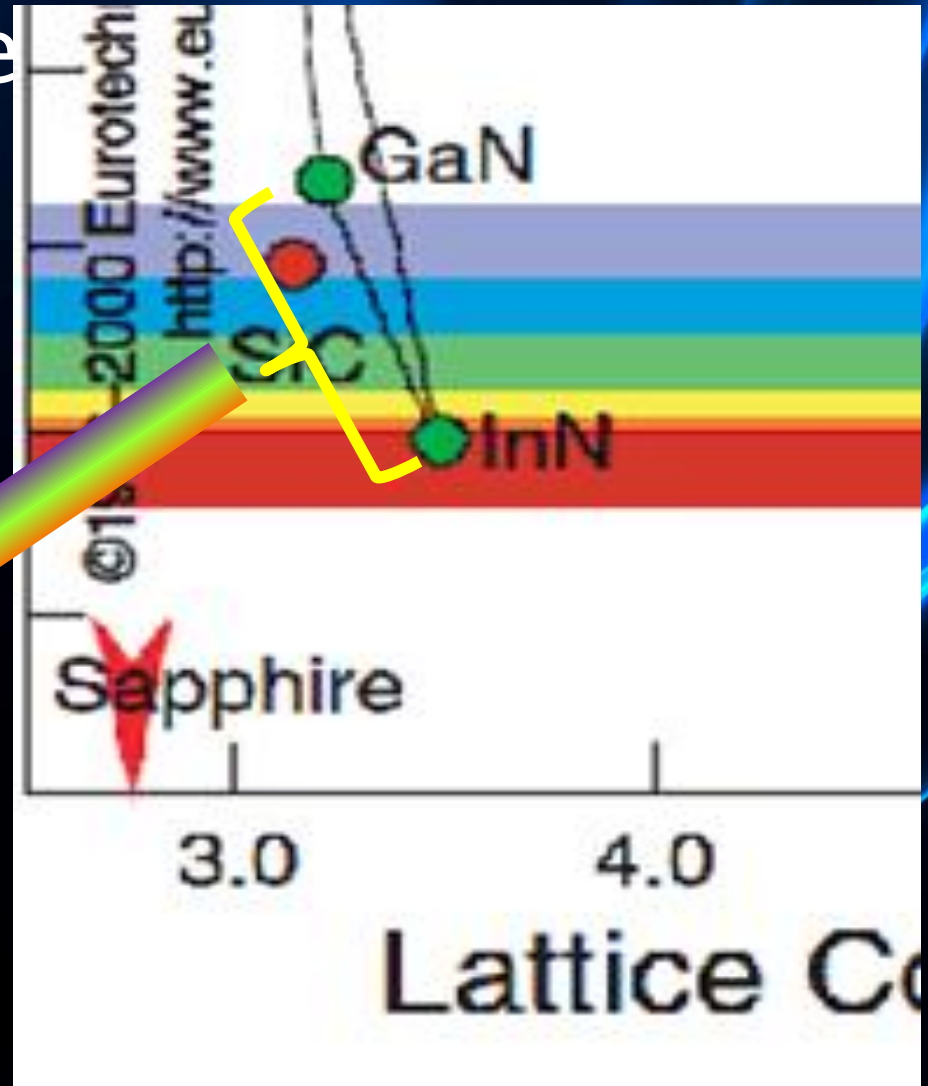
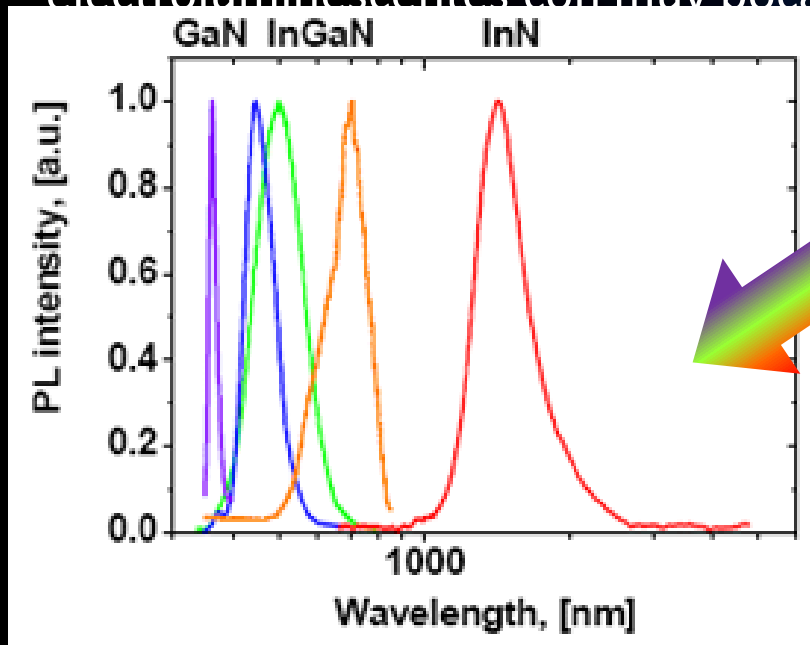
Parámetro de red



International Year
of Light 2015

Años 70: Los candidatos y sus "reverse salie

Pankove fabrica estructuras electroluminescentes con muy poca



International Year of Light 2015



Los premiados: principales contribuciones



En 1986 , Akasaki y Amano fueron los primeros en tener éxito en la creación de un cristal de nitruro de galio de alta calidad.



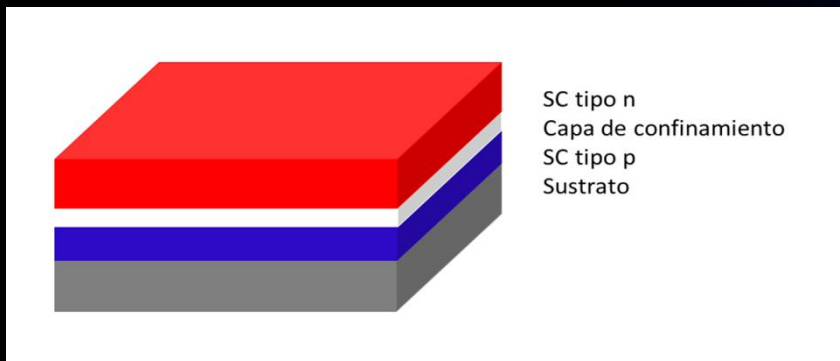
A finales de la década de los 80 , hicieron grandes avances en la creación de capas de tipo p .



Akasaki y Amano descubrieron que su material brillaba más intensamente cuando se estudió en un microscopio electrónico de barrido . Esto sugirió que el haz electrónico del microscopio estaba haciendo la capa de tipo p más eficiente.



En 1992 fueron capaces de presentar su primer diodo emisor de luz azul brillante.



International Year
of Light 2015



Los premiados: principales contribuciones



Nakamura comenzó a desarrollar su LED azul en 1988.



En 1990, consiguió crear con éxito Nitruro de Galio de alta calidad. Su método consistió en crecer primero una fina capa de GaN a baja temperatura (500°C) seguido de capas más gruesas a alta temperatura (1020 °C).



También explicó el por qué de la alta calidad de las capas de tipo p de Akasaki y Amano: el haz de electrones del microscopio electrónico eliminaba los átomos de hidrógeno que impedían la formación de las capas de tipo p.



Nakamura, por su parte, eliminó la necesidad del haz de electrones con un método simple y económico: al someter el material a alta temperatura obtuvo capas de tipo p funcionales.



SC tipo n
Capa de confinamiento
SC tipo p
Sustrato



International Year
of Light 2015



Los premiados: principales contribuciones



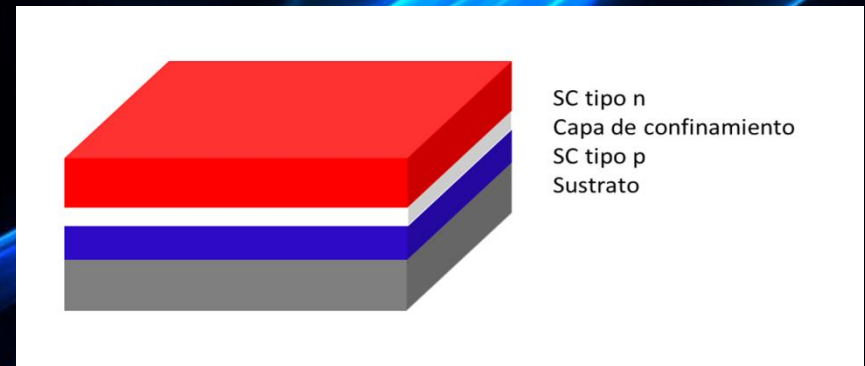
A lo largo de la década de los 90, ambos grupos de investigación consiguieron mejorar la eficiencia de sus LEDs azules. Crearon diferentes aleaciones de GaN utilizando Al e In, y la estructura de los LED se fue haciendo más compleja.



Akasaki y Amano, así como Nakamura, también inventaron el láser azul, en el que el LED azul, del tamaño de un grano de arena, es un componente crucial. Mientras que el LED proporciona un haz luminoso disperso, el láser emite un haz muy estrecho.



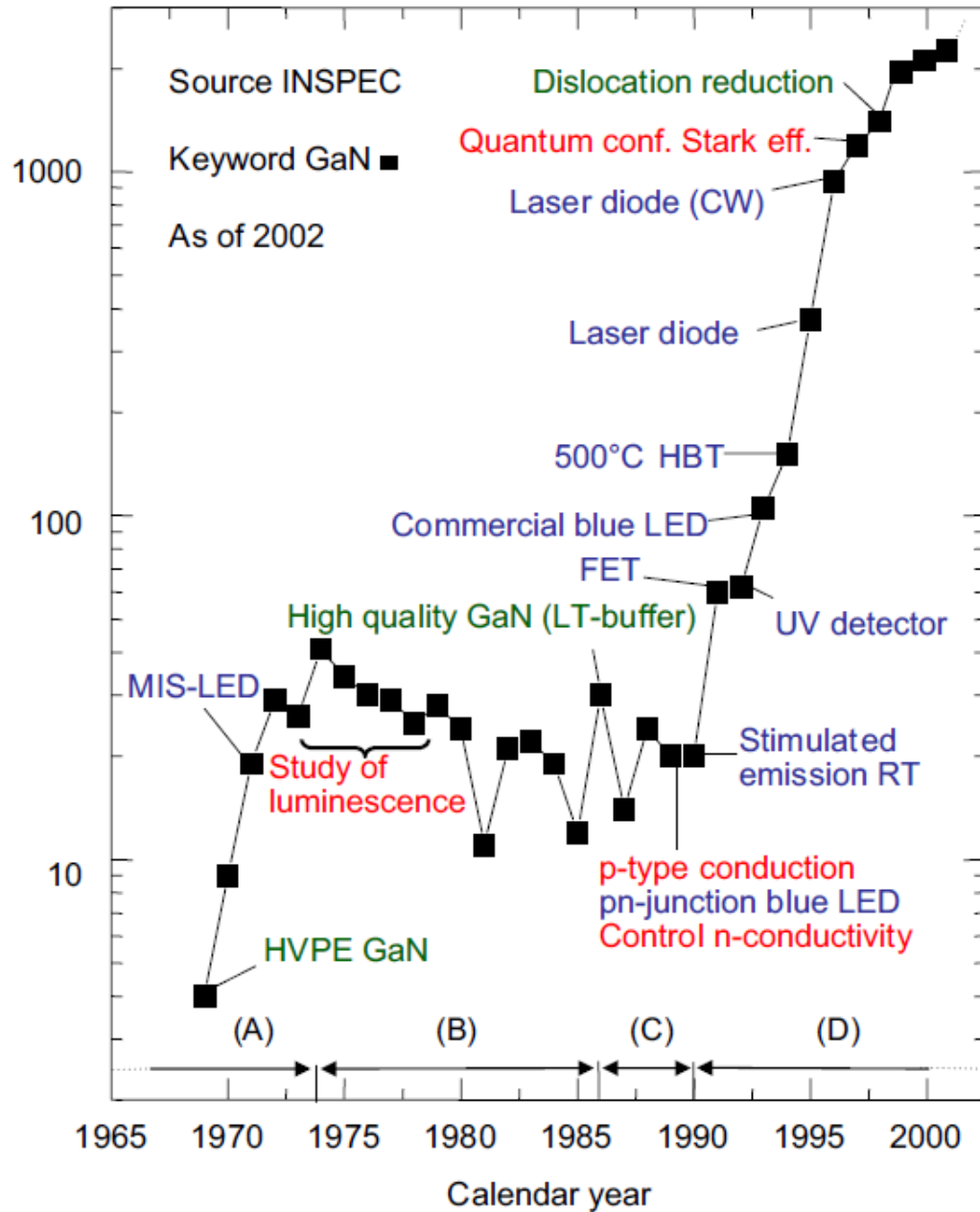
Debido a su pequeña longitud de onda, con luz azul se puede almacenar en la misma área una cantidad de información que es cuatro veces mayor que la que se obtiene con luz infrarroja. Este aumento en la capacidad de almacenamiento dio lugar rápidamente al desarrollo de los discos Blu-ray o a impresoras laser de mayor calidad.





Los p

uciones



national Year
ght 2015

Aplicaciones del led azul

 Iluminación

 Almacenamiento de datos

 Comunicaciones de alta velocidad

 Purificación de agua

 Electrónica de consumo: smartphones,
TV, ...

 Medicina

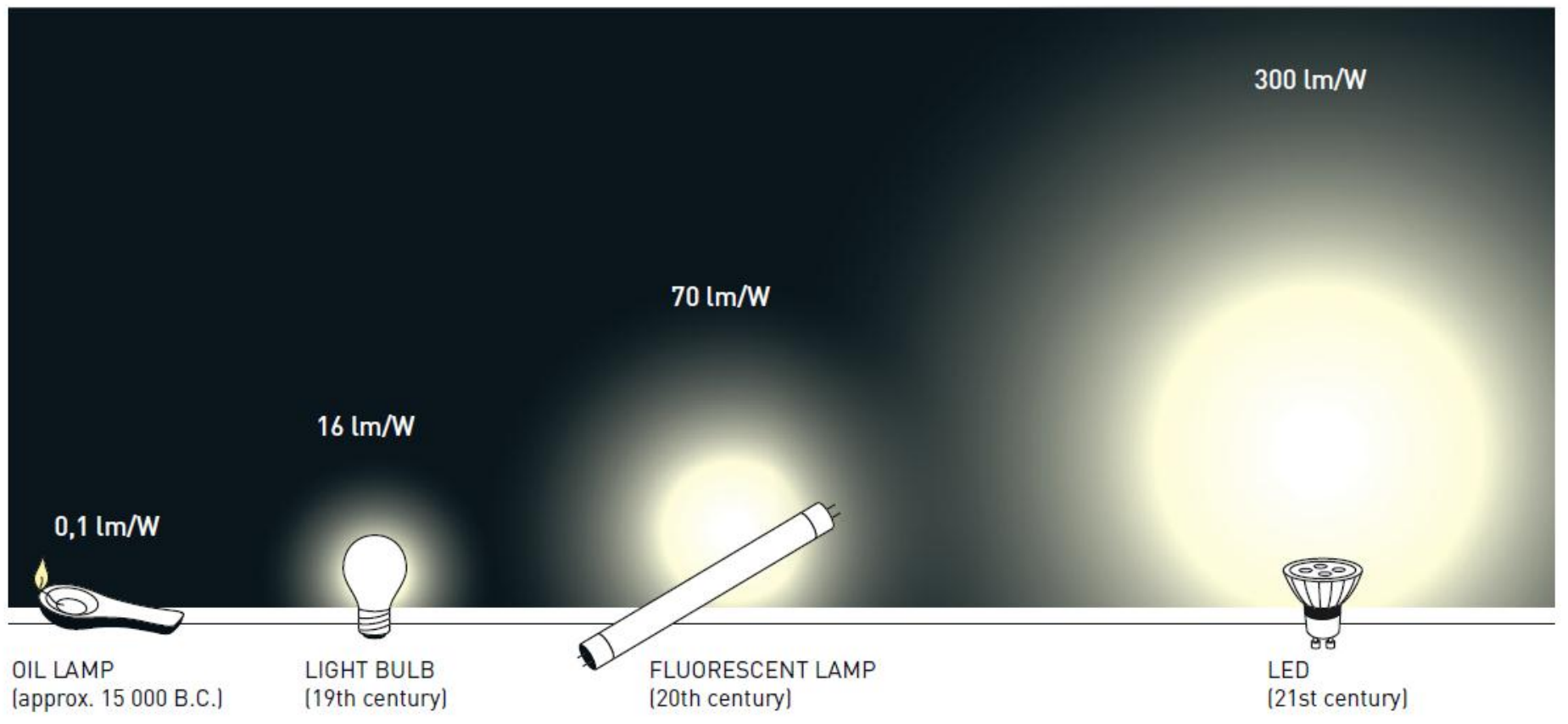
 Agricultura y Alimentación

 Y ... quién sabe?



International Year
of Light 2015

Breve historia de la iluminación



Solid State Lighting

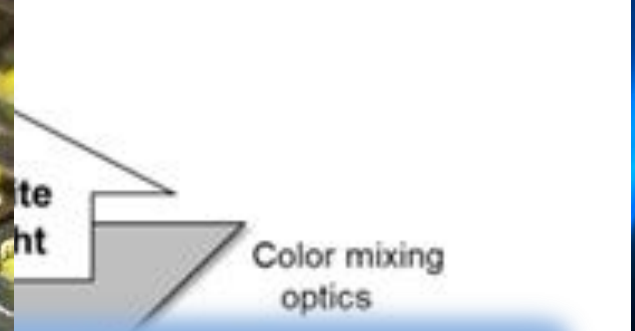
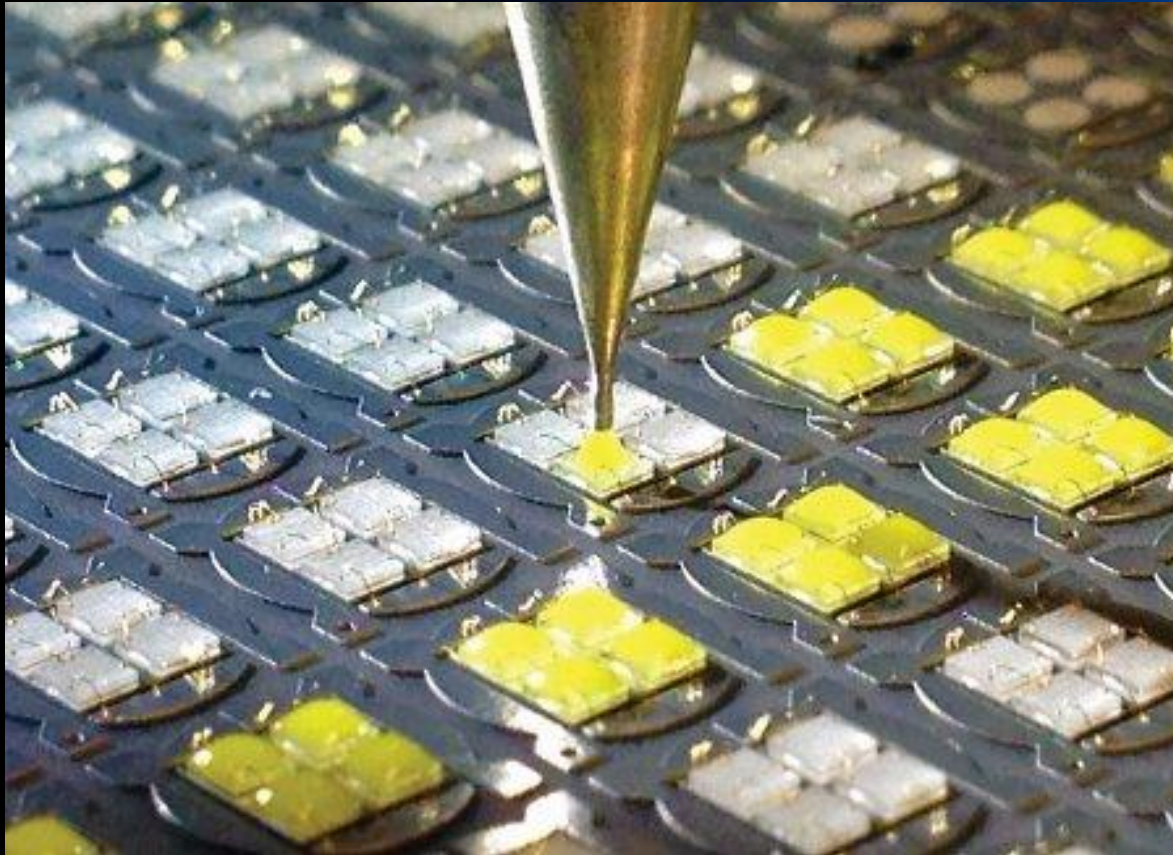
- La tecnología de iluminación actual data de hace **135 años!!!**
- Los LED comenzaron como simples señalizadores, pero en la actualidad se posicionan para convertirse en las fuentes de luz más eficientes jamás creadas.

Year

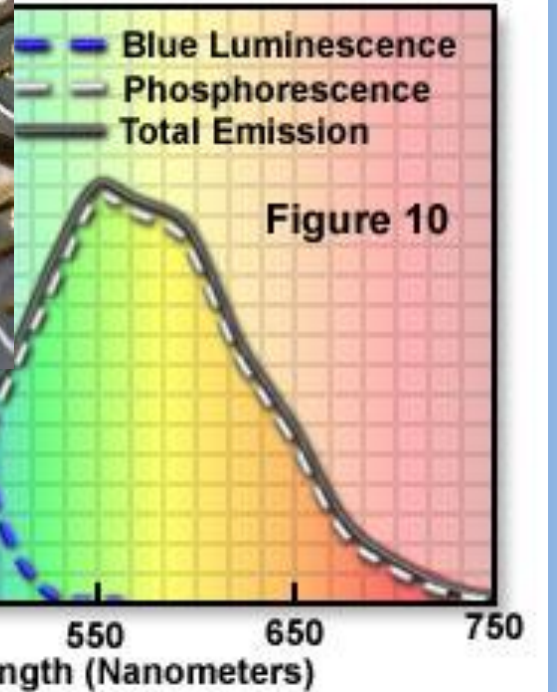


of Light 2015

Luz blanca



White LED Emission Spectrum



The Advantage of LED Lighting

Long life – lifetimes can exceed 100,000 hours as compared to 1,000 hours for tungsten bulbs

Robustness – no moving parts, no glass, no filaments

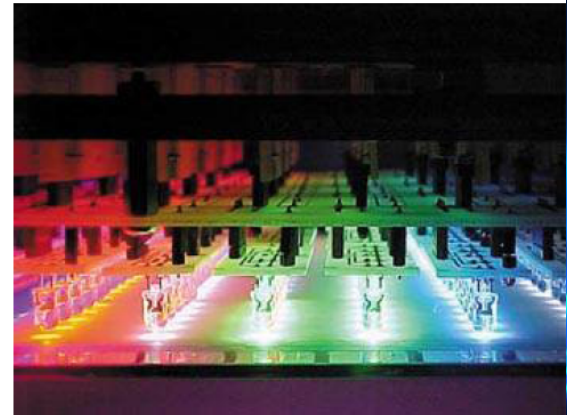
Size – typical package is only 5 mm in diameter

Energy efficiency – up to 90% less energy used translates into smaller power supply

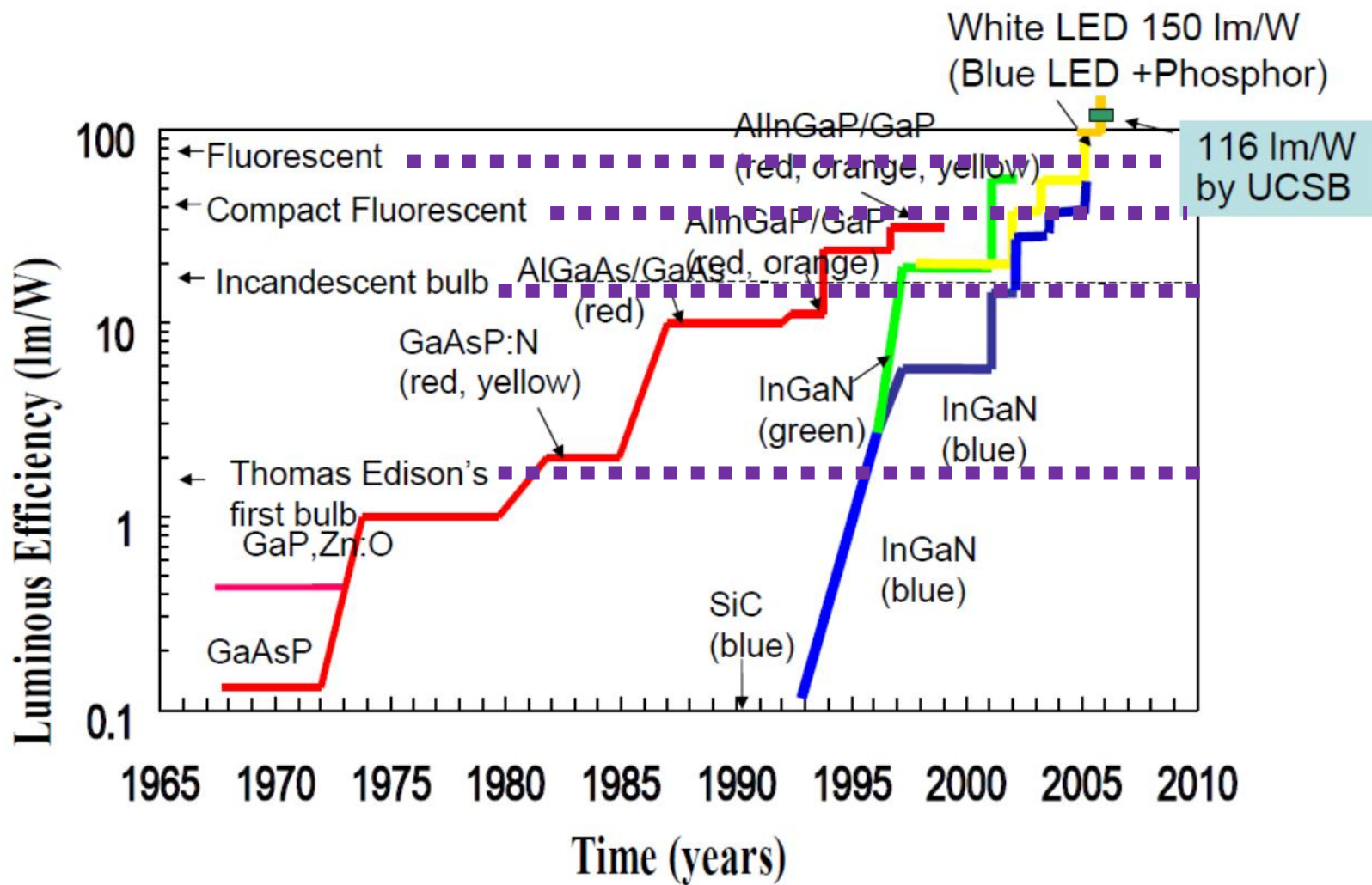
Non-toxicity – no mercury

Versatility – available in a variety of colors; can be pulsed

Cool – less heat radiation than HID or incandescent

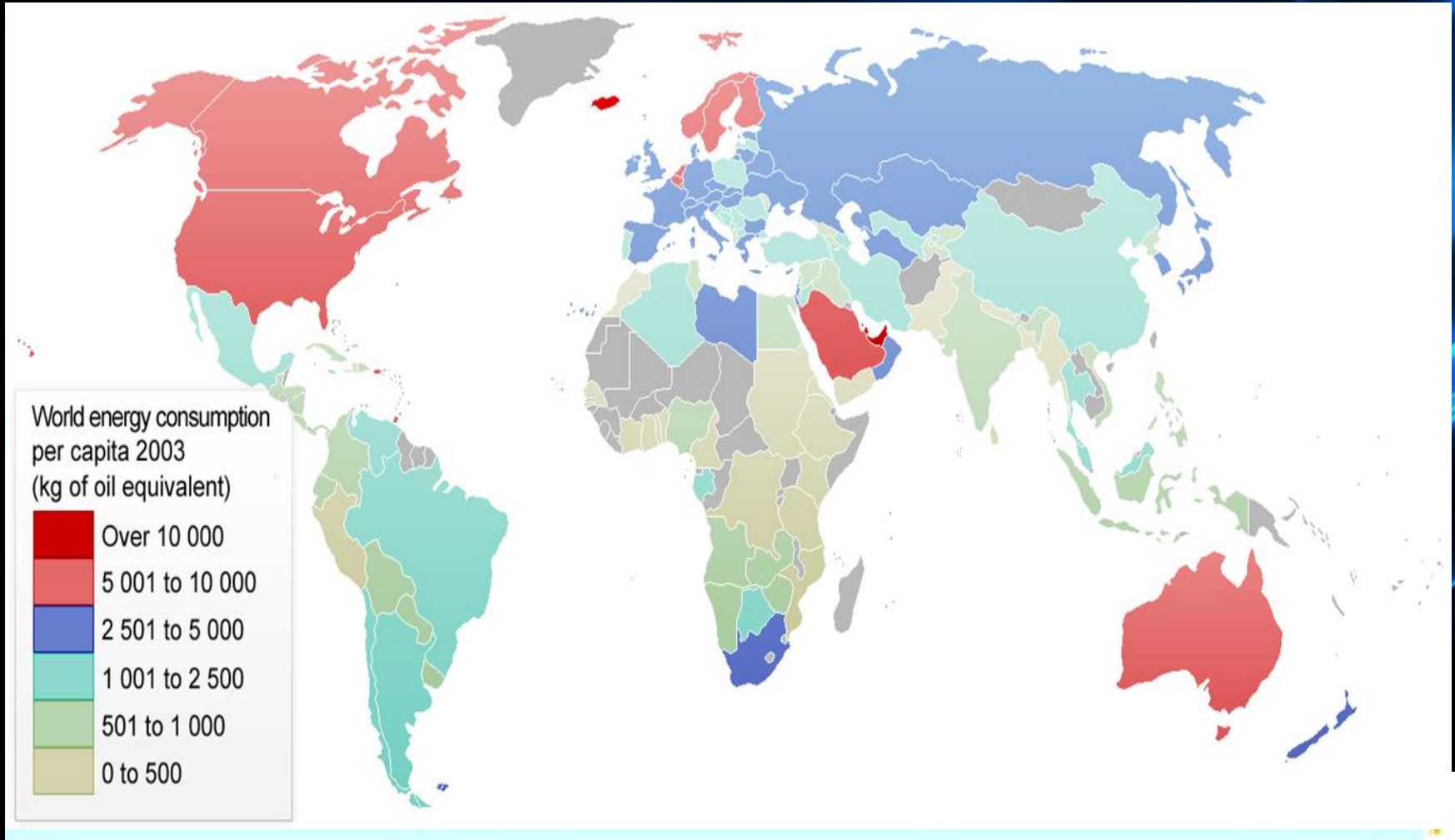


International Year
of Light 2015



International Year
of Light 2015

Consumo de energía anual/per capita



Está ocurriendo más deprisa de lo que parece ...

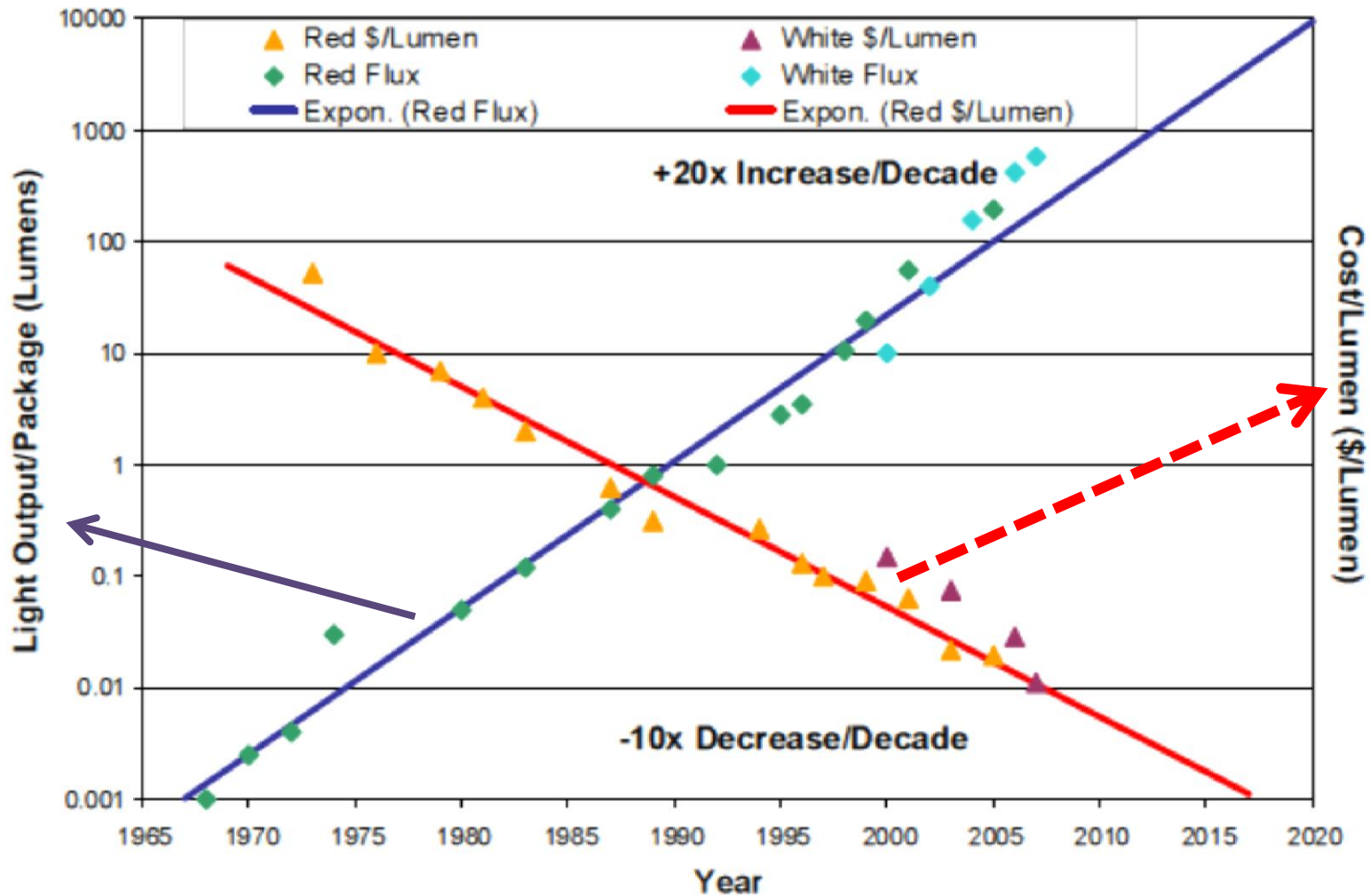
Global General Illumination Market**

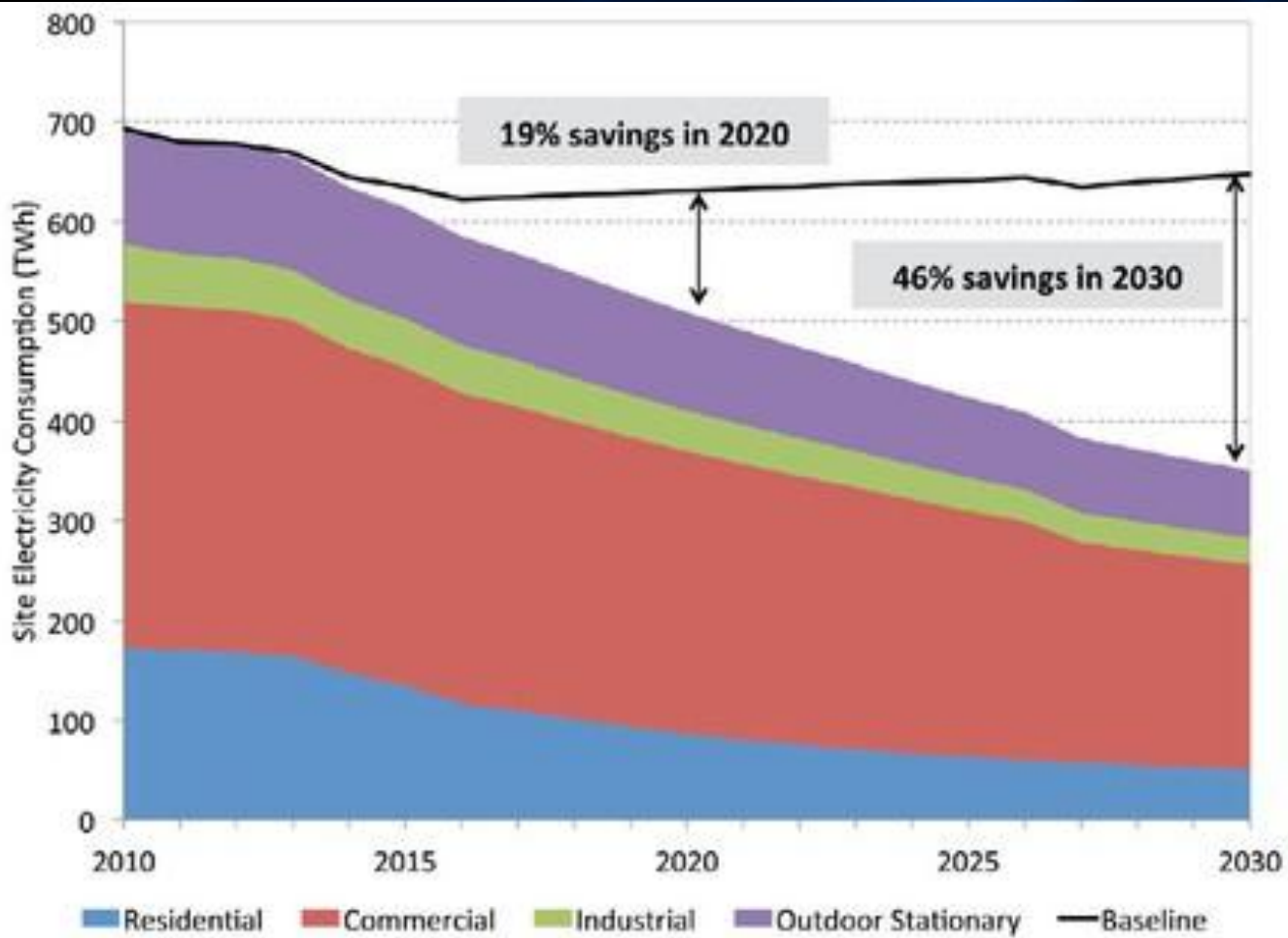


** Source: Philips Lighting



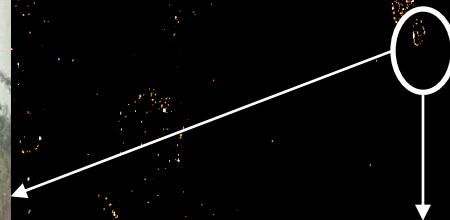
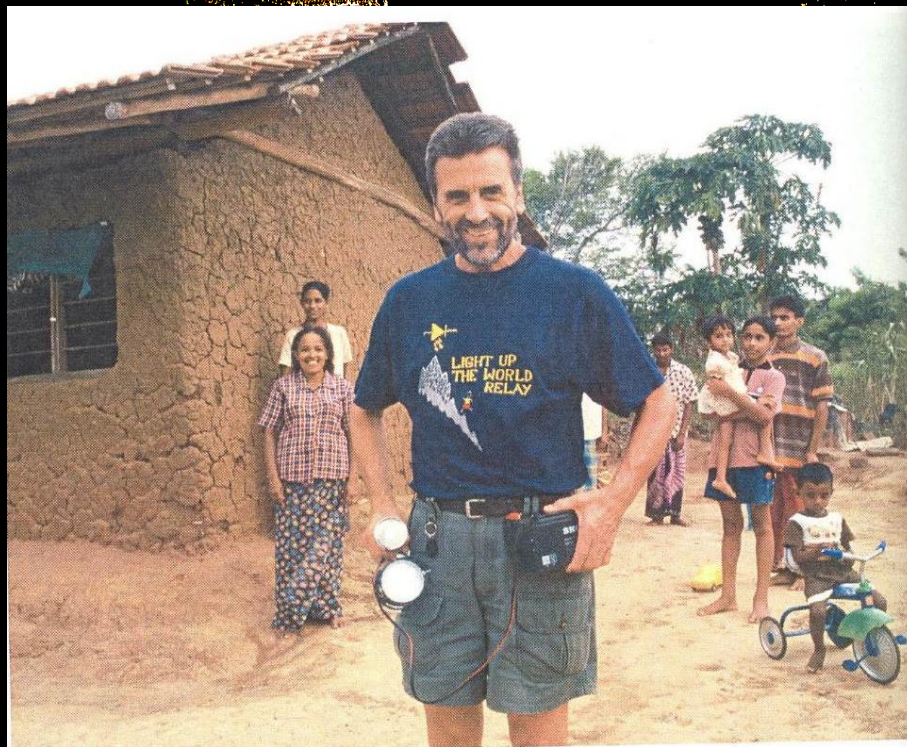
Haitz's Law





**International Year
of Light 2015**

2.000 millones de personas no tienen acceso a la energía eléctrica!!



Optoelectronics & Communications

Optical wireless network built on white-light LEDs reaches 800Mb/s



Figure 1. Artist's conception of a future frame from a video).



Water purification



of Light 2015

ar

Blue LED Inhibits the Growth of *Porphyromonas gingivalis* by Suppressing the Expression of Genes Associated with DNA Replication and

Chanthoeun Chui, DDS,^{1,2} Koichi Hiratsuka, DDS, PhD,^{3*} Akira Aoki, Yoshimitsu Abiko, DDS, PhD,³ and Yuichi Izumi, DDS, PhD^{1,2}

¹Department of Periodontology, Graduate School of Medical and Dental Science, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan

²Global Center of Excellence (GCOE) Program, International Research Center for Oral and Maxillofacial Diseases, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo, Japan

³Department of Biochemistry and Molecular Biology, Nihon University School of Medicine, Chiba, Japan

Objectives: Blue light has been shown to inhibit the growth of *P. gingivalis* in medical and dental settings. **Key words:** blue light, *Porphyromonas gingivalis*, growth inhibition

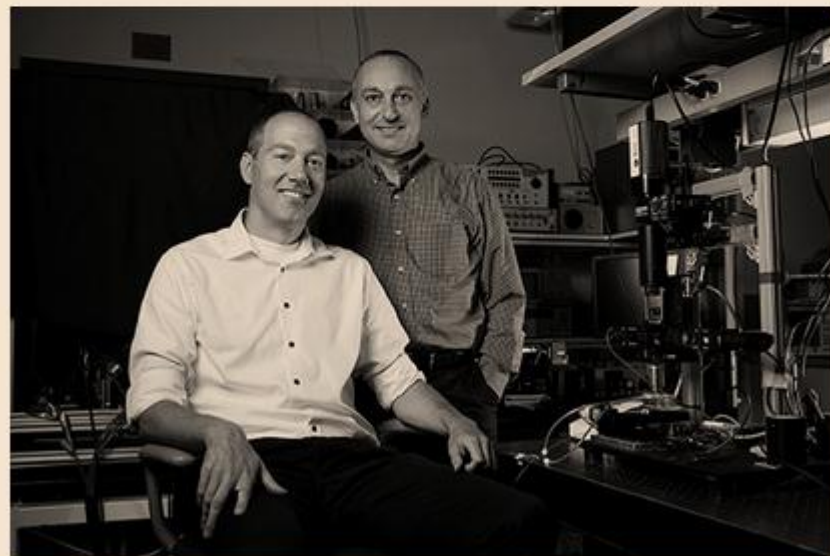
October 28, 2014 - 11:31 — judy.lin | 1208 pageviews

Tweet Share Me gusta

Containing Ebola with Blue LED Devices

By late January, 1.4 million people in Liberia and Sierra Leone could be infected with the Ebola virus. That's the worst-case scenario of the Ebola epidemic in West Africa recently offered by scientists at the [US Centers for Disease Control and Prevention](#). The CDC warns that those countries could now have 21,000 cases of the virus, which kills 70 percent of people infected.

One of the big problems hindering containment of Ebola is the cost and difficulty of diagnosing the disease when a patient is first seen. Conventional fluorescent label-based virus detection methods require expensive lab equipment, significant sample preparation, transport and processing times, and extensive training to use. One potential solution may come from researchers at the College of Engineering and the School of Medicine, who have spent the past five years advancing a rapid, label-free, chip-scale photonic device that can provide affordable, simple, and accurate on-site detection. The device could be used to diagnose Ebola and other hemorrhagic fever diseases in resource-limited countries.



John Connor, a MED associate professor of microbiology (left), and Selim Ünlü, a College of Engineering professor and associate dean for research and graduate programs, have developed a rapid chip-scale photonic device that can detect viruses, including Ebola, on site. (Photo Credit: Steve Prue)

EFFECTS OF LIGHT-EMITTING DIODE (LED) LIGHTING ON THE ERGOSTEROL CONTENT OF BEECH MUSHROOMS (*LYOPHYLLUM ULMARIUM*)

SU-YEON KIM¹, JIHYE SON¹, Y. MARTIN LO², CHAN LEE³ and BOKYUNG MOON^{1,4}

¹Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University, Anseong-si 456-756, Korea

²Department of Nutrition and Food, University of Maryland, College Park, MD

³Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Anseong-si, Korea



LED panel light source used in an experiment on potato plant growth by NASA

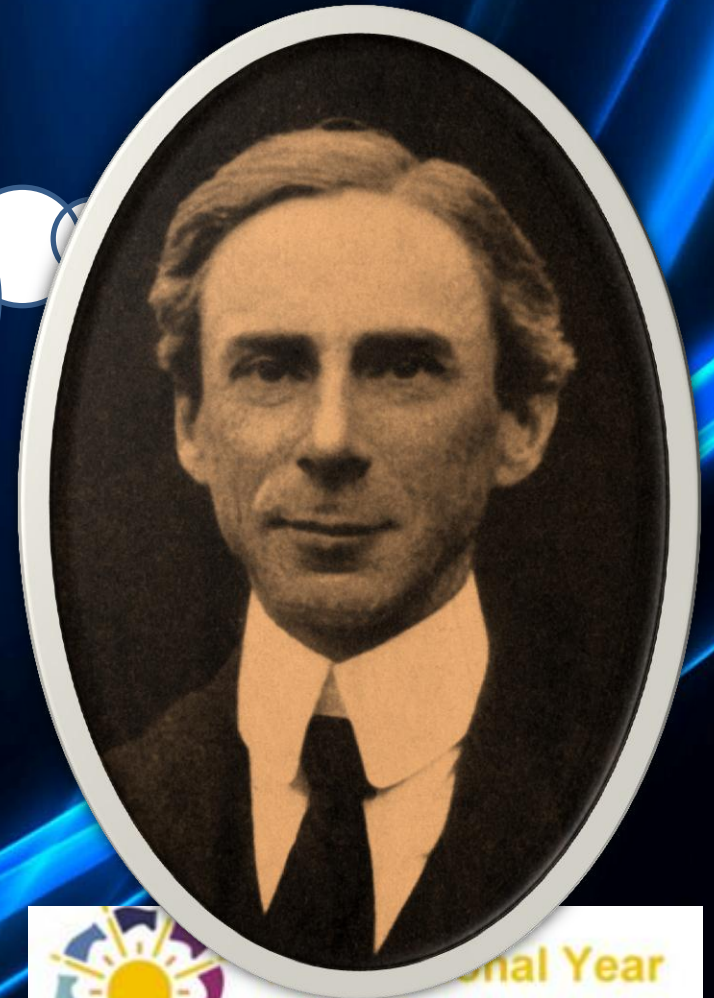


International Year
of Light 2015

El poder de la ciencia

Sabemos muy poco, y sin embargo, es sorprendente que sepamos tanto, y es todavía más sorprendente que tan poco conocimiento nos dé tanto poder.

Bertrand Russel



International Year
of Light 2015

A red scalloped valance is positioned at the top of the frame. Below it is a white rectangular screen. The screen displays the text "The End" and "Gracias por su atención" in a blue, sans-serif font. The text is centered and has a slight reflection effect below it. The background behind the screen is dark, possibly black or dark red.

The End
Gracias por su atención