

¿qué hacemos los científicos?



UN COMIC-BOOK
SOBRE MI
INVESTIGACIÓN

CIENCIA ES LO QUE HACEMOS LOS
HUMANOS PARA CONSTRUIR Y
ORGANIZAR CONOCIMIENTO...

...POR EJEMPLO EL
CONOCIMIENTO NECESARIO PARA
EXPLORAR MARTE.

... PERO NORMALMENTE MIS AMIGOS
NO TIENEN UNA IDEA MUY CLARA DE LO
QUE REALMENTE HAGO.

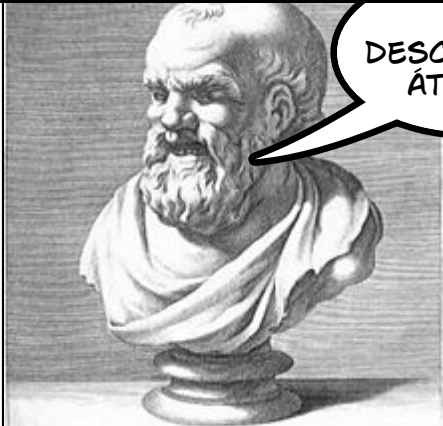


¿SIGUES
HACIENDO
AQUELLA COSA DE
LAS ABEJAS?

DEBERÍA
EXPLICARME
MEJOR

POR ESO DECIDÍ
HACER UN CÓMIC

LOS CIENTÍFICOS CLÁSICOS HACÍAN CIENCIA BÁSICAMENTE PENSANDO SOBRE LAS COSAS

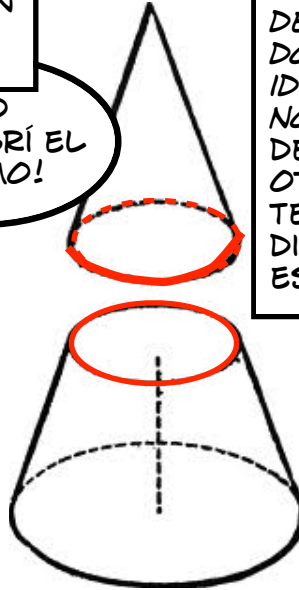


DEMÓCRITO, 400 BC

¡YO
DESCUBRÍ EL
ÁTOMO!

DEMÓCRITO PENSABA QUE SI ESTOS DOS CÍRCULOS ROJOS FUERAN IDÉNTICOS, TENDRÍAMOS UN CILINDRO, NO UN CONO. ASÍ QUE UN CÍRCULO DEBERÍA DE SER MENOR QUE EL OTRO. ESTO IMPLICABA PARA ÉL QUE TENÍAN QUE EXISTIR UNIDADES DISCRETAS, NO CONTINUAS. LLAMÓ A ESTAS UNIDADES ÁTOMOS.

USAR SÓLO EL PENSAMIENTO PUEDE CONDUCCIRTE A CONCLUSIONES ERRÓNEAS, ¡PERO EN ESTE CASO ÉL ACERTÓ!



MUCHO MÁS TARDE
BACON INTRODUIÓ EL
MÉTODO CIENTÍFICO



FRANCIS BACON, ~ 1600

EL
CONOCIMIENTO
ES PODER

BÁSICAMENTE, TÚ TIENES UNA IDEA, LUEGO TIENES QUE PROBAR TU IDEA MUCHAS VECES ANTES DE ACEPTARLA COMO CIERTA.

CURIOSAMENTE, BACON NUNCA USÓ SU MÉTODO. ¡PERO TODOS LOS CIENTÍFICOS ACTUALES LO HACEN!

PERO...¿CÓMO GENERAMOS Y
PROBAMOS LAS IDEAS?

O EN OTRAS PALABRAS,
¿QUÉ ES LO QUE
REALMENTE HACEN LOS
CIENTÍFICOS?

SI SUPIÉRAMOS LO QUE ESTAMOS
HACIENDO, NO SE LLAMARÍA
INVESTIGACIÓN ¿NO?

HAY TANTAS FORMAS DE HACER
CIENCIA (ES DECIR, DE PROBAR
IDEAS), COMO CIENTÍFICOS HAY

¿Y POR QUÉ LO HACEN?

LA CIENCIA ES
COMO EL SEXO:
SÍ, PUEDE DAR
RESULTADOS
PRÁCTICOS, PERO
NO LO HACEMOS
POR ESO.

ALBERT EINSTEIN, ~1900

RICHARD FEYNMAN, ~1950



**YES
IS MORE**

LA CIENCIA VA
SOBRE HECHOS,
PERO LA
COMUNICACIÓN VA
SOBRE CONTAR
HISTORIAS

ESTA ES LA
HISTORIA DE MIS
INVESTIGACIONES

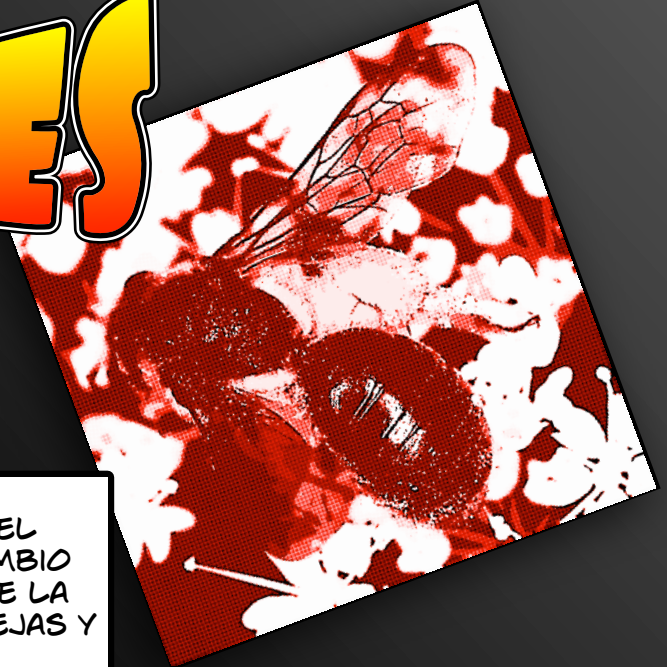
ESTE ARQUITECTO,
BJARKNE INGELS,
ESCRIBIÓ UN
COMIC SOBRE SUS
EDIFICIOS, Y ME
ENCANTÓ SU
HISTORIA A PESAR
DE QUE NO ESTOY
PARTICULARMENTE
INTERESADO EN
EDIFICIOS



HOT BEES



INVESTIGANDO EL
IMPACTO DEL CAMBIO
CLIMÁTICO SOBRE LA
FENOLOGÍA DE ABEJAS Y
FLORES



BARTOMEUS ET AL. 2011 PNAS 108:20645-49

EN LOS ÚLTIMOS 100 AÑOS, HA HABIDO MUCHOS CAMBIOS MUY RÁPIDOS EN EL MUNDO, Y NOSOTROS, LOS HUMANOS, SOMOS LOS RESPONSABLES DE ESTE CAMBIO TAN ACELERADO

LAS EMISIONES DE CO-2 HAN INCREMENTADO LAS TEMPERATURAS MEDIAS EN $\sim 1^{\circ}\text{C}$ DESDE 1900

ESTAMOS $+0.6^{\circ}\text{C}$ SOBRE LAS TEMPERATURAS MEDIAS DE 1950-1980

2010

7000 MILLONES DE PERSONAS

LA POBLACIÓN HUMANA ALCANZÓ 7000 MILLONES EN 2012

4% DE TIERRA DESTINADA A AGRICULTURA EN ~ 1800

1880

1950

1980

$>20\%$ DE LA TIERRA DESTINADA A AGRICULTURA

1000 MILLONES DE PERSONAS

1820

...TAMBIÉN SE NOS CONOCE POR TRANSFORMAR ÁREAS NATURALES EN PAISAJES HUMANIZADOS



PERO...¿CÓMO AFECTAN TODOS ESTOS
CAMBIOS A PLANTAS Y ANIMALES?



ESTA ERA MI PRINCIPAL PREGUNTA CUANDO ME FUI A LOS E.E.U.U. PARA EMPEZAR MI POSTDOCTORADO EN EL LABORATORIO DE RACHAEL WINFREE. ESPECÍFICAMENTE ESTÁBAMOS INTERESADOS EN LAS RESPUESTAS DE LAS ABEJAS AL CAMBIO GLOBAL.




ESTA ES RACHAEL

Y ESTA ES UNA BONITA ABEJA SALVAJE



(SÍ, EXISTEN MUCHAS MÁS ESPECIES APARTE DE LA ABEJA DE LA MIEL. DE HECHO, ¡HAY EL DOBLE DE ESPECIES DE ABEJAS QUE DE PÁJAROS! Y LA MAYORÍA DE ELLAS VIVEN EN SOLITARIO, NO EN COLMENAS)



ASÍ QUE QUERÍAMOS
COMPARAR LO QUE
HACÍAN LAS ABEJAS EN
1900 CON LO QUE
HACEN AHORA

PERO...¿CÓMO
INVESTIGAR COSAS
QUE PASARON HACER
MUCHOS AÑOS?

TE PUEDES
COMPRAR UN
DELOREAN



**BACK
TO THE FUTURE**

...O PUEDES IR
A UN MUSEO



POR DESGRACIA,
HICIMOS LO SEGUNDO

EL AMNH ES FAMOSO
POR SUS DINOSAURIOS...



PERO TAMBIÉN
TIENE LA MAYOR
COLECCIÓN DE
ABEJAS DE LOS
E.E.U.U., CON
>500.000
ESPECÍMENES



LAS ABEJAS
RECOGIDAS POR
NATURALISTAS E
INVESTIGADORES
ENTRE 1880 Y
2011 NOS
PUEDEN
EXPLICAR SU
HISTORIA.



CADA ESPECIMEN
TIENE UNAS
PEQUEÑAS
ETIQUETAS CON SU
NOMBRE EN LATÍN,
NOMBRE DE QUIEN
LAS CAPTURÓ,
FECHA DE CAPTURA
Y LOCALIDAD.



JOHN ASCHER, EL
CONSERVADOR DE LA
SECCIÓN DE ABEJAS,
ESTÁ CREANDO UNA
BASE DE DATOS QUE
CONTIENE TODA LA
INFORMACIÓN SOBRE
TODOS ESTOS
ESPECÍMENES.
¡ESTOS DATOS SON
LOS QUE NOSOTROS
NECESITÁBAMOS!

¿QUÉ SABEMOS SOBRE ABEJAS?

LAS ABEJAS SOLITARIAS PONEN HUEVOS EN PEQUEÑOS AGUJEROS, Y LOS APROVISIONAN CON POLEN. LOS HUEVOS ECLOSIONAN, Y SALEN LAS LARVAS, QUE SE COMEN EL POLEN E "HIBERNAN" DENTRO DE UN CAPULLO COMO ESTE

ESTE ES UN CAPULLO DE ABEJA



¿CÓMO SABEN CUÁNDO DESPERTARSE DE LA HIBERNACIÓN? ¿CÓMO SE SINCRONIZAN CON LAS FLORES QUE LAS ESTÁN ESPERANDO PARA SER POLINIZADAS?



CUANDO EN PRIMAVERA LAS TEMPERATURAS SON SUFICIENTEMENTE ALTAS, ES COMO SI SONARA UN DESPERTADOR PARA LAS ABEJAS



¡HOLA MUNDO!

EN NUESTRO PRIMER PROYECTO, QUERÍAMOS SABER SI EL PERIODO DE ACTIVIDAD DE LAS ABEJAS SE ESTÁ DANDO ANTES DEBIDO AL AUMENTO DE LAS TEMPERATURAS.

NUESTRA HIPÓTESIS ERA QUE EL CALENTAMIENTO CLIMÁTICO ESTARÍA ADELANTANDO LA EMERGENCIA (EL DESPERTAR) DE LAS ABEJAS

ALGUNOS INVESTIGADORES HAN DEMOSTRADO QUE LAS PLANTAS ESTÁN FLORECIENDO ANTES DE LO QUE SOLÍAN HACERLO EN EL PASADO. ASÍ QUE SI LAS ABEJAS NO EMERGEN TAMBIÉN MÁS TEMPREANO, ENTONCES ESAS FLORES NO SERÍAN POLINIZADAS. TAMBIÉN PODRÍA OCURRIR QUE SI LAS ABEJAS SEAN MÁS SENSIBLES AL CAMBIO CLIMÁTICO Y EMERJAN ANTES DE QUE LAS FLORES ESTÉN ABIERTAS, ENTONCES ESAS ABEJAS SE MORIRÍAN DE HAMBRE...UN EQUILIBRIO MUY COMPLEJO.

TRAS MESES ANALIZANDO LOS DATOS, NUESTROS RESULTADOS PRELIMINARES ERAN PROMETEDORES, PERO NECESITÁBAMOS MÁS DATOS... ASÍ QUE CONVENCÍ A MI MUJER PARA VISITAR LA UNIVERSIDAD DE CORNELL Y RECOGER DATOS MUY ANTIGUOS DE ABEJAS

EL REGISTRO MÁS ANTIGUO ES DE 1872.



 Cornell University

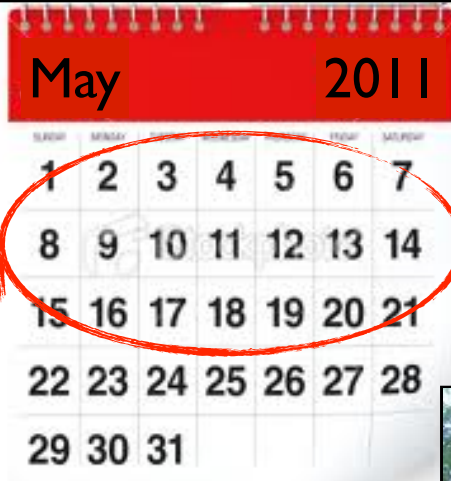
ESTE NO ES EL VIAJE ROMÁNTICO QUE ME PROMETIÓ...

DE HECHO, NOS ENTUSIASMAMOS CON LOS DATOS E INVOLUCRAMOS A LA UNIVERSIDAD DE CONNECTICUT Y A RUTGERS Y CREAMOS BASES DE DATOS DE TODOS SUS ESPECÍMENES.

ACABAMOS TENIENDO ~3500 ESPECÍMENES!



Y COMPARAMOS EL PERIODO DE ACTIVIDAD DE LAS ABEJAS DE 1900 CON EL DE LAS MODERNAS. ¡YA TENÍAMOS NUESTRO PRIMER RESULTADO! **LAS ABEJAS ESTÁN EMERGIENDO 10 DÍAS ANTES DEBIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO**



Y ESO ES MUCHO PARA UNA ABEJA QUE VIVE SÓLO UNAS 3 SEMANAS

PERO TODAVÍA NO ESTÁBAMOS DEL TODO CONTENTOS...

¿10 DÍAS ERA SIMILAR AL AVANCE QUE LAS FLORES ESTABAN EXPERIMENTANDO?

¿ESTA ERA LA PREGUNTA CLAVE!

¡NECESITAMOS MÁS DATOS!



ASÍ QUE BUSQUÉ EN LA LITERATURA PARA ENCONTRAR DATOS DE PLANTAS

PUEDES SALTARTE ESTA PÁGINA SI NO TE IMPORTA LA ESTADÍSTICA (O LA CERVEZA)

DESPUÉS DE TRES MESES MÁS REUNIENDO DATOS DE PLANTAS, FINALMENTE PUDIMOS COMPARAR EL AVANCE DE LAS ABEJAS CON EL DE LA ÉPOCA DE FLORACIÓN DE LAS PLANTAS... Y LO HICIMOS GRACIAS A UNA JARRA FRESQUITA DE CERVEZA NEGRA

EN 1908 LA GENTE DE GUINNESS TUVO EL MISMO PROBLEMA. ¿CÓMO PROBAMOS SI DOS BOTELLAS DE GUINNESS SABEN IGUAL DE BIEN? AMBAS CUESTIONES VAN SOBRE COMPARAR DOS MUESTRAS

AFORTUNADAMENTE, CLAUDE GUINNESS CONOCÍA LA IMPORTANCIA DEL MÉTODO CIENTÍFICO Y CONTRATÓ A BUENOS ESTADÍSTICOS PARA QUE TRABAJASEN PARA ÉL.

Y A WILLIAM SEALY GOSSET SE LE OCURRIÓ UNA IDEA BRILLANTE PARA COMPARAR DOS MEDIAS CUANDO LAS MUESTRAS SON PEQUEÑAS. EL T-TEST.



DESAFORTUNADAMENTE, LA CIENCIA NO ES SIEMPRE TAN ABIERTA COMO DEBIERA, Y GOSSET TUVO QUE FIRMAR SU ARTÍCULO CON UN PSEUDÓNIMO, STUDENT, QUE ACTUALMENTE DA NOMBRE AL STUDENT'S T-TEST.

ASÍ QUE LA CERVEZA GUINNESS SABE TAN BIEN GRACIAS A LA ESTADÍSTICA, Y NOSOTROS SEGUIMOS USANDO EL T-TEST.

EN CONCLUSIÓN: TRAS EXAMINAR NUESTROS DATOS, VIMOS QUE ABEJAS Y FLORES ESTÁN AVANZANDO SU FENOLOGÍA AL MISMO RITMO



HEMOS ACABADO
CONFIRMANDO UNA
MALA NOTICIA: EL
CAMBIO CLIMÁTICO
ESTÁ ALTERANDO EL
PERIODO DE ACTIVIDAD
DE PLANTAS Y
ANIMALES.



PERO AL MISMO
TIEMPO HEMOS
DESCUBIERTO QUE NO
TODO ESTÁ PERDIDO,
PORQUE TANTO
PLANTAS COMO
ABEJAS (QUE
DEPENDEN UNAS DE
OTRAS PARA
SOBREVIVIR) ESTÁN
CAMBIANDO AL MISMO
RITMO.

...POR AHORA

PS: LOS MODELOS CLIMÁTICOS INDICAN QUE LAS
TEMPERATURAS SEGUIRÁN INCREMENTANDO...
¿PODRÁN PLANTAS Y ABEJAS SEGUIR EL RITMO DE
ESTOS CAMBIOS? ES ALGO QUE TODAVÍA NO
SABEMOS....

continuará...