

# ¡qué hacemos los científicos?

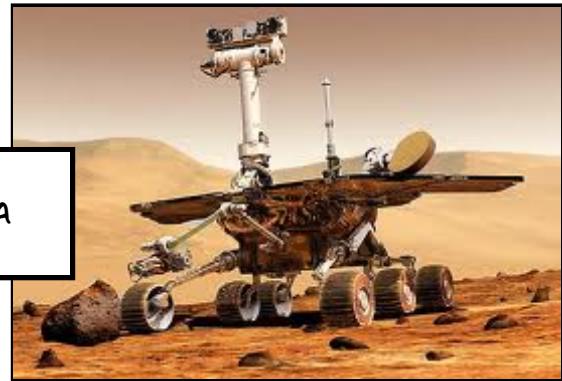


UN COMIC-BOOK  
SOBRE MI  
INVESTIGACIÓN

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?

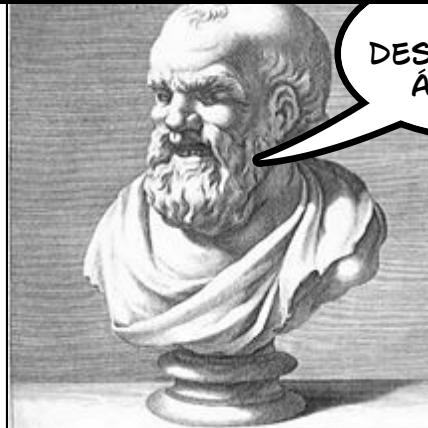


DEBERÍA  
EXPLICARME  
MEJOR



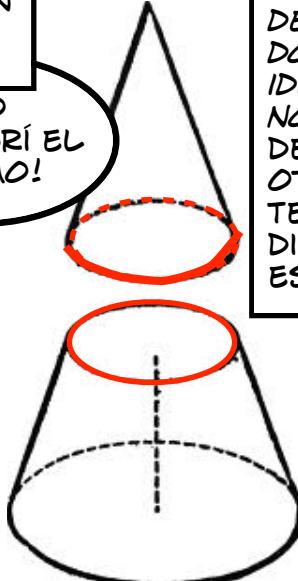
POR ESO DECIDI  
HACER UN CÓMIC

LOS CIENTÍFICOS CLÁSICOS HACÍAN CIENCIA BÁSICAMENTE PENSANDO SOBRE LAS COSAS



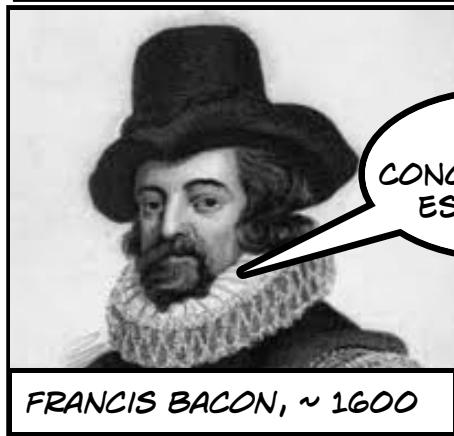
DEMÓCRITO, 400 BC

¡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 CONDUCIRTE A CONCLUSIONES ERRÓNEAS, ¡PERO EN ESTE CASO ÉL ACERTÓ!



FRANCIS BACON, ~ 1600

EL CONOCIMIENTO ES PODER

MUCHO MÁS TARDE BACON INTRODUJO EL MÉTODO CIENTÍFICO

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!

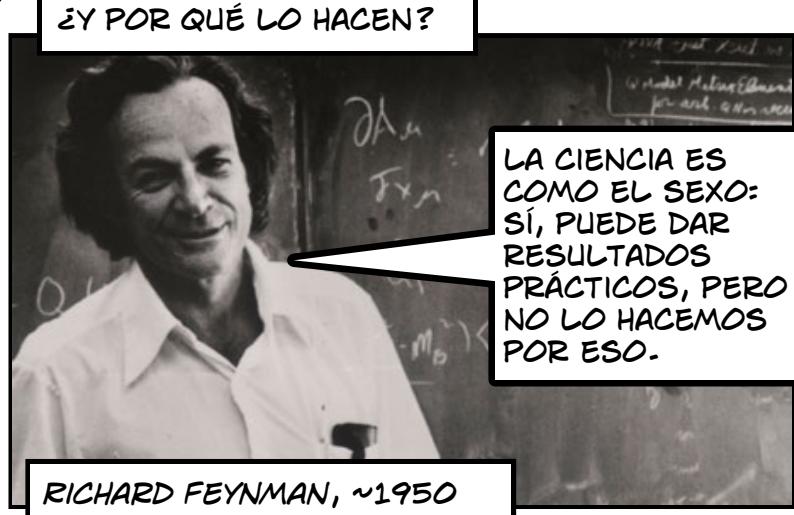


PERO... ¿CÓMO GENERAMOS Y PROBAMOS LAS IDEAS?

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?

ALBERT EINSTEIN, ~1900

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

RICHARD FEYNMAN, ~1950



YES  
IS MORE

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

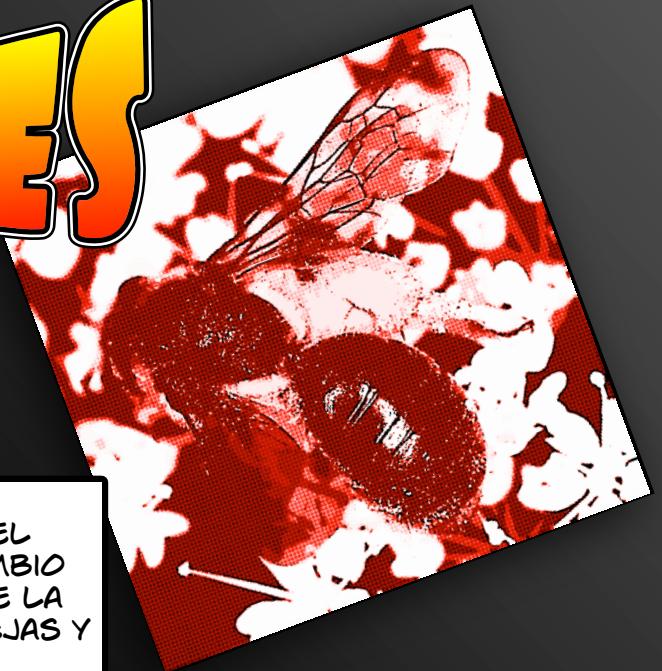
ESTA ES LA  
HISTORIA DE MIS  
INVESTIGACIONES

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

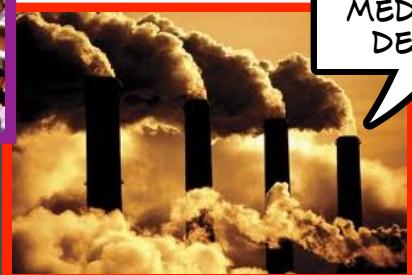


BARTOMEUS ET AL. 2011 PNAS 108:20645-49

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



LA POBLACIÓN HUMANA ALCANZÓ 7000 MILLONES EN 2012



4% DE TIERRA DESTINADA A AGRICULTURA EN ~1800

1000 MILLONES DE PERSONAS

1880

LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> HAN INCREMENTADO LAS TEMPERATURAS MEDIAS EN ~1°C DESDE 1900

1950

ESTAMOS +0.6°C SOBRE LAS TEMPERATURAS MEDIAS DE 1950-1980

2010

7000 MILLONES DE PERSONAS

1980

>20% DE LA TIERRA DESTINADA A AGRICULTURA



...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.



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  
HACIAN LAS ABEJAS EN  
1900 CON LO QUE  
HACEN AHORA

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



**BACK  
TO THE FUTURE**

TE PUEDES  
COMPRAR UN  
DELOREAN



...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 SUFFICIENTEMENTE ALTAS, ES COMO SI SONARA UN DESPERTADOR PARA LAS ABEJAS



EN NUESTRO PRIMER PROYECTO, QUERÍAMOS SABER SI EL PERÍODO 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.



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 PERÍODO 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

May 1900						
SUNDAY	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

May 2011						
SUNDAY	MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

PERO TODAVÍA NO ESTABAMOS DEL TODO CONTENTOS...

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

¡ESTA ERA LA PREGUNTA CLAVE!



ASÍ QUE BUSqué EN LA LITERATURA PARA ENCONTRAR DATOS DE PLANTAS

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

¡INECESITAMOS MÁS DATOS!

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 FRESCUITA 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 TRABAJASEREN 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  
PERÍODO 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...*