

METEOROLOGÍA AGRÍCOLA

POR HOUDAILLE

CURSO DICTADO A LOS ALUMNOS DE 1^{er}. AÑO DE AGRONOMIA

DE LA

FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

CON ANOTACIONES RELATIVAS AL CLIMA DE LA REPUBLICA ARGENTINA

POR

SEBASTIAN GODOY

Ingeniero agrónomo, profesor de las asignaturas de Ingeniería rural, de Práctica Agrícola y jefe del Campo de Experimentos.



LA PLATA

TIPOGRAFÍA DE LA ESCUELA DE ARTES Y OFICIOS

—
1899

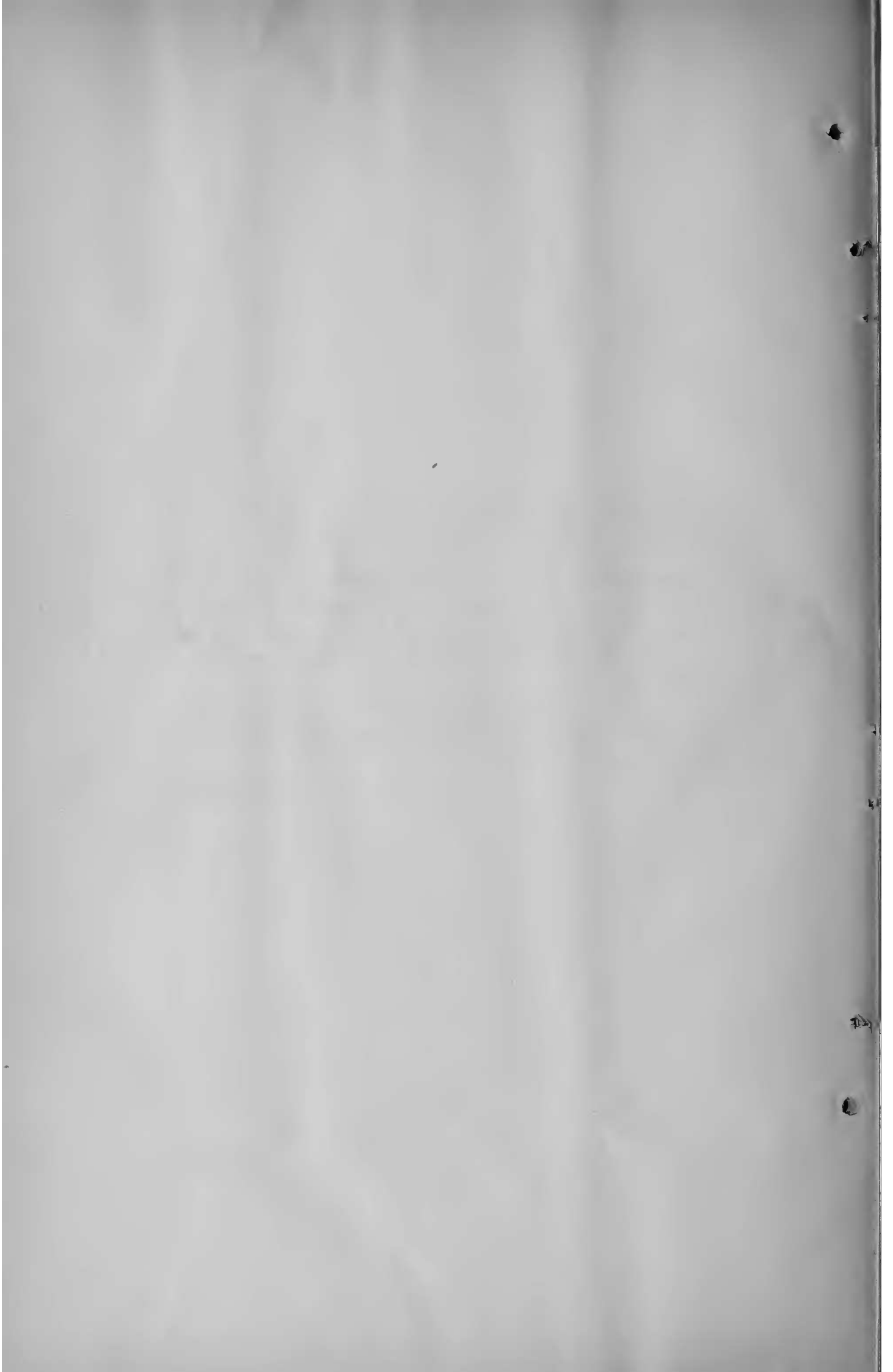


Desde hace tiempo habia notado la necesidad de un texto de meteorología agrícola adoptado á nuestro medio ambiente.

No tengo la pretensión de contribuir con nada nuevo al fomento de la literatura agrícola. Soy un modesto traductor de la obra que á mi juicio responde mejor al desarrollo del programa de la asignatura. He introducido en el texto las modificaciones que me han parecido pertinentes para que responda á nuestras condiciones meteorológicas y climatóricas.

Que sea de algun provecho para los alumnos de la Facultad en la cual me he formado y por cuyo progreso lucho desde la cátedra, son mis mayores deseos.

S. GODOY.



ADVERTENCIA

La atmósfera es el laboratorio natural de la agricultura; es en pleno aire que se desarrollan los variados cultivos que son el objeto principal de la producción agrícola; es en pleno campo que se ejecutan la mayor parte de las operaciones que tienen por fin la preparación definitiva de los productos del suelo. Entre las pocas tareas que tienen lugar bajo galpones en la granja, varias están aún bajo la dependencia bastante directa de las condiciones de la atmósfera exterior. Luego, la meteorología agrícola puede ser definida: la ciencia que estudia la constitución de la atmósfera y las leyes de su movimiento en tanto que interesan á la agricultura. Se ve por consiguiente qué papel importante debería tener esta ciencia de aplicación en la agrupación de las ciencias aplicadas á la agricultura. Decir que ha obtenido, esto sería exajerar su rol, pero preever que lo obtendrá, no es quizá una ilusión.

No se podría siempre, además, juzgar exactamente la utilidad de una ciencia por el lugar que ha ocupado en las preocupaciones de los prácticos. Muchos agricultores utilizan, á menudo la ciencia sin darse cuenta de ello y aprovechan los datos de la meteorología sin pensar que recurren á sus enseñanzas.

Una segunda razon que ha retardado mucho el desenvolvimiento de la meteorología agrícola, es que se ha querido pedirle muy pronto lo que le era imposible aún. Bajo pretexto de que la preocupación más urgente de los agricultores era conocer el tiempo del día siguiente, se ha llegado á pedirle la previsión del tiempo. Los primeros resultados obtenidos en esta via han sido poco satisfactorios y es sin duda bajo la inpresión de esta penosa constestación que Arago escribió esta frase que puede hoy parecer un poco exagerada: Jamás, nadie que piense

estar en los progresos de las ciencias, los sabios de buena fé y recelosos de su reputación, no se atreverán á predecir el tiempo.

Las tendencias actuales de la meteorología agrícola parecen deber concurrir hacia un doble fin.

1º Dar sobre las condiciones de la atmósfera en sus relaciones con la agricultura, las indicaciones análogas á aquellas que indican los químicos y los geólogos refiriéndose á la constitución de los suelos;

2º Facilitar al agricultor el estudio de los procedimientos prácticos que le permiten: sea preever las modificaciones de la atmósfera, sea sacar partido de los elementos meteorológicos, sea luchar provechosamente contra ellos.

A fin de librar al agricultor práctico bajo la forma más concisa y mas clara las nociones elementales de meteorología agrícola que son necesarias para realizar esta doble enseñanza, hemos creído útil dividir la presente obra en tres partes distintas. En la primera, hemos condensado las nociones generales relativas á la constitución de la atmósfera y á las leyes de sus movimientos. En la segunda, hemos reasumido los procedimientos de medida los más prácticos, permitiendo determinar el valor y por consiguiente el modo de obrar los diversos elementos meteorológicos. En la tercera, hemos referido las principales aplicaciones de la meteorología á la agricultura concerniendo sea para la prevision del tiempo, sea para la utilización agrícola de los diversos elementos meteorológicos, sea para la lucha empeñada contra ellos. En fin para remediar á la esposición neccsariamente incompleta de varios puntos abordados en el curso de este compendio de meteorología agrícola, hemos consagrado algunas páginas á la indicación bibliográfica de las principales obras generales ó memorias especiales que han parecido presentar las relaciones más directas con el objeto de nuestros estudios.

METEOROGÍA AGRÍCOLA

CAPITULO I

Los fenómenos de la atmósfera

La irradiación solar

1—El sol puede ser considerado con razon como la causa primera de los movimientos diversos de los cuales la atmósfera es el asiento; es el motor universal de los fenómenos meteorológicos. La irradiación solar es al mismo tiempo, de todos los factores meteorológicos, aquel que ejerce la acción más directa y más enérgica sobre el desarrollo de la vegetación. No solamente la irradiación obra directamente sobre la planta para reglar los fenómenos de la asimilación del carbono y de la transpiración vegetal; sinó también, como primer motor, la temperatura del aire y del suelo. La intensidad de la incorporación en la superficie del suelo y las variaciones de humedad atmosférica, están igualmente bajo su dependencia.

2—**Constitución física del sol** — El sol, globo incandescente cuyo diámetro igual á 1087 diámetros terrestres, está formado por la reunión de varias envolturas que se recubren sucesivamente. En el centro está el *nudo central* obscuro constituido por gases sobrecalentados á alta presión; su densidad es casi 1.5 está envuelta por una zona estrecha donde los fenómenos de combustión y de irradiación calorífica atenúa su maximum de actividad; esta es la *zona de combustión*. Encima se extiende una atmósfera bastante densa teñida de rosa cromófera en la parte inferior de la cual flotan brillantes nubes que irradian en todas las direcciones con una prodigiosa actividad, las irradiaciones del sol. Este banco de nubes incandescentes constituye la fotosfera. De los límites exteriores de la atmósfera rosada del sol, brotan por intervalos formidables erupciones gaseosas, rojizas llevadas por el hidrógeno incandescente: estas son las *protuberancias solares*. En fin, el disco del

sol está rodeado á una gran distancia por una auréola de contornos irregulares encerrando un gas en extremo rarificado, de composición desconocida. Esta es la *corona ó atmósfera coronaria*,

De todas estas envolturas de las que nos apercibimos mas directamente es la fotosfera. Esta atmosfera del sol está llena de nubes de vapores incandescentes que remolinéan á veces como nubes arrastradas por nuestros ciclones terrestres. El centro de estos torbellinos se rompen en la orilla y deja ver el nudo central obscuro bajo forma de una mancha negra rodeada por una penumbra: Estas son las *manchas solares* que reducirian muy notablemente la emisión de la irradiación solar si llegasen á tomar un desarrollo exagerado. Pero estas manchas no invaden jamás sinó una débil ó pequeña parte del disco solar; son acompañadas de manchas brillantes *fáculas* donde la emisión del calor es más viva. En cuanto al número y á su extensión se ha sometido á una periodicidad de 11 años alrededor, la emisión de la irradiación solar puede ser considerada como muy sensiblemente constante. Esta emisión continúa corresponde á la circulación de una enorme cantidad de energía transportada de la superficie solar á los límites superiores de nuestra atmósfera terrestre, á pesar de la distancia de 23000 radios terrestres que la separan.

3—Las tres formas de la energía solar— La energía solar así transportada hasta nosotros, se manifiesta bajo tres formas esencialmente diferentes. Un mismo rayo de sol se propaga por medio de ondulaciones de desigual magnitud y de propiedades diferentes. Las unas, las más largas, producen sobre nuestros órganos la impresión del calor y del frio; no impresionan nuestra vista: estas son las *ondulaciones caloríficas*. Otras más cortas, obran al mismo tiempo sobre nuestra retina: estas son las *ondulaciones luminosas*; son luz y calor á la vez. En fin las ondulaciones más cortas aún, de las cuales algunas pueden pasar inapercibida para nuestra vista, no llevan las más de las veces con ellas sinó trazas de calor, obrando activamente para provocar combinaciones ó descomposiciones químicas: estas son las *ondulaciones químicas*. Calor, luz, actividad química: tales son las formas de energía manifestadas por la irradiación solar.

4—El calor del sol— Si bien la cantidad de calor arrojada por el sol á los límites superiores de nuestra atmósfera sea casi constante de un extremo al otro del año, la intensidad de la irradiación colorífica recibida en la superficie del suelo sufre en el curso del día y del año, variaciones muy extensas. Las variaciones que determinan en gran parte la diversidad de las condiciones meteorológicas ofrecidas por la at-

mósfera al desarrollo de vegetación, están esencialmente bajo la dependencia, por una parte, de los movimientos astronómicos que llevan á la tierra en su curso diario y anual alrededor del sol, y por otra parte de los cambios de constitución de nuestra atmósfera á las cuales corresponden variaciones bastantes extensas de su transparencia para las irradiaciones caloríficas.

Los principales movimientos astronómicos que interesan á la mancha diurna y anual de la irradiación solar, pueden reducirse á los tres puntos siguientes: 1° La tierra gira sobre sí misma en 24 horas; 2° la tierra se desplaza anualmente alrededor del sol describiendo una elipse de la cual el sol ocupa uno de sus focos, 3° la línea de los polos está iuclinada sobre el plano de la órbita y se traslada en el curso del año alrededor del sol quedando sensiblemente paralela á su dirección primitiva. Se deduce del principio primero la existencia de los días y de las noches, del segundo el desplazamiento aparente del sol en las diversas constelaciones zodiacales, del tercero y del anterior la desigualdad de los días y de las noches en las diversas épocas del año, los cambios de altura del sol arriba del horizonte, existencia de las estaciones desigualmente cálidas dividiendo el año en cuatro períodos casi iguales, en fin de los principios primero, segundo y tercero combinados las variaciones de altura del sol en el cielo en todos los instantes de un mismo día y las modificaciones que presenta la marcha del sol en el cielo, sea para varios días, ó sea á latitudes diferentes.

5.— Es desde luego la marcha anual del calor solar que regla el curso de las estaciones. Cuando, hácia el 21 de Diciembre el hemisferio sur que nosotros habitamos es dirigido hácia el sol, los rayos de este último caen casi perpendicularmente sobre el suelo y lo calientan á su máximo. Al mismo tiempo, la duración de los días es la más larga posible, con relación á la de las noches, y el período diurno del calentamiento del suelo de nuestro hemisferio es tambien máximo. Es la estación de verano. Seis meses más tarde, el hemisferio norte tiene su verano mientras el sud recibe los rayos solares muy oblicuamente: es el invierno. Entre estas dos estaciones se colocan dos períodos al comienzo de los cuales los días son iguales á las noches y para los cuales la oblicuidad de los rayos solares es intermediaria entre la del verano y la del invierno: Estos son la primavera y el otoño, El verano comienza el 21 de Diciembre, el otoño el 21 de Mayo, el invierno el 21 de Junio y la primavera el 21 de Setiembre.

6.— Se llama con el nombre de intensidad calorífica de la irradiación solar, la cantidad de calor expresada en calorías, gramo-grado re-

cibido por minuto sobre una superficie de un centímetro cuadrado, espuesta normalmente á la irradiación incidente. Este es un elemento completamente distinto de la temperatura del aire, y cuya marcha diaria y anual presenta un interes tan especial para el estudio de los fenómenos agrícolas. La intensidad de la irradiación solar tiende á aumentar cuando el espesor atmosférico atravesado disminuye y que su transparencia aumenta. Si la cantidad de vapor de agua fuese constante en la atmósfera en todas las épocas del año, la intensidad de la irradiación sería mínima en invierno, 21 de Junio, máximo el 21 de Diciembre; debería aumentar igualmente desde la salida del sol hasta medio día. La variación de la proporción de vapor de agua en la atmósfera y sus cambios de estado modifican un poco esta marcha teórica. La transparencia del aire decrece regularmente de Junio á Diciembre, y el estado de equilibrio entre el aumento de la irradiación y el de la opacidad es alcanzado en el mes de Setiembre. Esta es la época cuando el sol estando ya á bastante altura sobre el horizonte, la atmósfera desecada por los frios del invierno, está todavía muy pobre en vapor de agua. Hacia el 21 de Diciembre, los vapores llevan la atmósfera, la intensidad de la irradiación para entonces casi ssempre por su mínimo. Un cielo claro aparece en Enero y Febrero; la irradiación sube. despues las intensidades caloríficas decrecen hasta el mes de Junio. Del mismo modo, en el curso del dia ya no es al mediodia que el sol está más caliente, sinó á las diez ú once de la mañana. La irradiación, á las dos p. m., es en general un poco más elevada que la del mediodia.

El valor de la intensidad calorífica media varía, en las diversas épocas del año, de $0^{cal}90$ á $1^{cal}30$ bajo el clima de Montpellier.

La cantidad del calor recibido en término medio por dia en un centímetro cuadrado del suelo horizontal ha variado de $53^{cal}5$ en Diciembre á 357^{cal} en Junio. El total anual de calor recibido por el suelo varía bastante de un año á otro sea para una misma estación, sea para todo el año. La suma de la irradiación evaluada durante 7 años consecutivos ha variado de 60346^{cal} en 1885 á 84468^{cal} en 1883; su valor medio sería casi 70 000 calorías.

Una cantidad tal de calor bastaría para evaporar, sobre toda la superficie del suelo, una capa de agua de $1^{m}20$ ó para fundir un espesor de hielo de 9 metros. Si el agricultor pudiese transformar en trabajo de calor recibido sobre una hectárea de terreno, podría obtener al fin de un año un trabajo equivalente al de 1 250 caballos vapor, realizando una economía diaria al rededor de 90 000 kilogramos de carbon.

7—La luz del sol—La absorción de la luz por la atmósfera transparente es mucho más débil que la del calor. Esta absorción es despreciable y se hace sensible, cuando a la composición normal de la atmósfera se agrega al vapor de agua al estado de vesículas muy finas. Estas determinan, sobre las diversas radiaciones de que se compone la luz solar, una especie de elección. Las irradiaciones rojas son las menos detenidas al atravesarla, y la atmósfera cerca del horizonte se colorea, frecuentemente de rojo a la salida y a la puesta del sol.

Las irradiaciones azules detenidas en las altas regiones de la atmósfera se difunden allí y determinan la coloración azul del cielo. Si se mide la intensidad de la irradiación luminosa por la determinación de la intensidad calorífica de los rayos luminosos, se obtienen para la luz una marcha diurna bastante parecida a la de la irradiación calorífica para los días desprovistos de nubes. La presencia de ligeras nubes reduce al contrario considerablemente la intensidad calorífica, y afecta poco a la intensidad luminosa de la irradiación. Las variaciones de la intensidad de la luz difusa de todos los puntos del cielo no afectan menos a la vegetación que a la irradiación luminosa directa del sol. La luz directa, en efecto, no obra sino sobre las hojas de las plantas que están directamente expuestas; la luz difusa del conjunto de la bóveda celeste obra sobre todos los órganos aéreos de la planta que están como bañados en todo sentido por esta luz.

8—Algunas veces, cuando la opacidad de las nubes aumenta, la cantidad de luz directa y difusa de todos los puntos del cielo se reduce en proporción notable. Es para precisar esta noción, que existe un interés real, bajo el punto de vista agrícola, en anotar la *nebulosidad del cielo* estimada según el valor de la fracción del cielo cubierto por las nubes. Se comprende sin embargo, por lo que acaba de decirse, no se puede atribuir mucha precisión a las indicaciones dadas por este método de evolución de la claridad de nuestra atmósfera.

9—La energía química del sol—Una parte de la energía llevada por las diversas irradiaciones del sol puede gastarse cuando penetran en ciertas sustancias para provocar allí combinaciones ó reducciones. El trabajo de demolición ó de construcción de los nuevos edificios moleculares así realizados, representa una parte de la energía química de irradiación incidente.

De un modo general, los rayos amarillos al rojo son los más propios para efectuar las oxidaciones y los rayos amarillos al violeta y más allá del violeta las reducen. Algunas veces, la energía química de que disponen los rayos luminosos del espectro, varía un poco según

la naturaleza de los cuerpos sobre los cuales llevan las oxidaciones y las reducciones. Además, el pase de los diversos rayos al través de sustancias especiales puede comunicarles un principio de actividad química para efectuar ciertas descomposiciones. M. Vogel ha observado que bastaba mezclar al bromuro de plata ciertas materias colorantes que absorben fuertemente los rayos rojos, para permitirle reducir tan enérgicamente las sales de plata como los rayos violetas. Esta relación explica como por intermedio de la clorófila, los rayos rojos son, en la asimilación del carbono por los vegetales, los rayos que hacen el rol de reductor principal en la descomposición del ácido carbónico de la atmósfera.

La actividad química de la luz difusa crece al principio rápidamente, después de la salida del sol hasta que se haya elevado de 20 á 300 sobre el horizonte. Es en este período en que el espesor atmosférico atravesado varía más rápidamente. Pues la actividad química progresa más lentamente y pasa por un máximo antes que el sol haya llegado á su mayor altura arriba del horizonte. El valor de este máximo difiere poco algunas veces del valor de la actividad química á mediodía.

Las observaciones de M. Marchand en Fecamp, que han llevado sobre la composición del ácido oxálico, al contacto del percloruro de fierro, indican una variación muy grande de la acción química, mediana diurna para los diversos meses del año. Esta actividad total diurna ha variado para una mediana de 4 años, 1869-72, de 1.84 en Enero á 21,41 en Junio. El máximo de Junio sobrepasaría así el máximo de la energía calorífica luminosa recibida en esta época del año por unidad de superficie del suelo horizontal.

Tales son las condiciones principales en que se ejerce la distribución de las tres formas de energía contenida en la irradiación solar. Las indicaciones que acabamos de dar, consideradas en la extensión de sus variaciones diversas y anuales, muestran la importancia especial que presentan, para el agricultor, su determinación en vista de la apreciación de las condiciones anuales, esencialmente variables, presentadas al desenvolvimiento periódico de la vegetación.

La temperatura del aire y del suelo.

10 — La cantidad variable del movimiento calorífico que existe en el suelo interior de los diversos cuerpos más ó menos cálidos, está expresada por una escala de nivel convencional á la cual se ha dado el nombre de *temperatura*. La variación del nivel calorífico, comprende

desde la temperatura de la fusión del hielo hasta la de la ebullición del agua bajo una presión normal de 760 mm., comprendiendo el intervalo de 100 grados centígrados,

Los cuerpos sometidos á temperaturas diferentes emplean tres métodos esenciales para cambiar su calor interior; tienden sin cesar á igualar su temperatura empleando los métodos de transposición por *irradiación*, por *conductibilidad* y por *corrientes* de conducción.

La conducción por *irradiación* es utilizada por el sol para hacernos participar de su alta temperatura. El calor por este método se transmite de un cuerpo á otro, atravesando á menudo, sin calentar, un cuerpo intermedio. Todos los cuerpos no se dejan atravesar bien igualmente. Existen cuerpos opacos para el calor como para la luz; se los llaman cuerpos *atermanos*. Los cuerpos transparentes para el calor son llamados *diatermanos*. Esta transparencia nunca es absoluta.

El cambio de temperatura por *conductibilidad* es un procedimiento tan general como el de la irradiación. Todo cuerpo caliente, colocado inmediatamente al contacto de un cuerpo más caliente, le cede paulatinamente su calor; hay simultáneamente elevación de temperatura entre los puntos intermedios. La velocidad de comunicación del calor por este procedimiento no tiene nada de comun con la transferencia para el calor ó poder diatermano. Los *coeficientes* ó *índices* de *conductibilidad* son completamente independientes de los *coeficientes* de *transparencia*.

La conducción del calor por *corrientes* tiene lugar en los cuerpos líquidos y gaseosos. Cuando existe en la parte inferior de una masa líquida ó gaseosa una parte de temperatura más elevada, la densidad de estas sustancias disminuyen en las proximidades del punto calentado y una corriente ascensional se produce. Las partes calientes inferiores van á mezclarse con las frías superiores. Como este fenómeno especial de conducción es acompañado por capas curvas de igual densidad al rededor del punto calentado, se ha dado á estas corrientes distribuidoras del calor en los líquidos y gases el nombre de *corrientes* de *convección*.

11 — Temperatura del suelo — El poder diatermano de la atmósfera para los rayos luminosos caloríficos que predominan en la irradiación solar siendo muy elevados, el aire no se calienta sensiblemente al paso de la irradiación solar, sinó más bien por conductibilidad al contacto del suelo. Es la temperatura del suelo que regla la temperatura del aire.

12 — El calentamiento desigual de los diferentes suelos para una misma cantidad de calor incidente, resulta de las propiedades físicas que diferencian á los distintos terrenos. La variabilidad del *poder absorbente*

explica las diferencias de calentamiento de los suelos blancos gredosos y de los suelos de color oscuro, negros ó brillantes, así como las observadas entre los terrenos desnudos y los suelos cubiertos de vegetación. Pero no basta que un suelo absorba calor para que su temperatura se eleve, es necesario aún que pueda conservarlo. La facultad de retener el calor que está en relación con el *poder emisor* y la *conductibilidad* interior de los suelos variaría, según la experiencia de Schubler, desde 100 para la arena calcárea hasta 49 para el humus. En fin, los suelos cuyo calor específico es elevado, son también los que se calientan menos y, como el calor específico de los elementos minerales del suelo es á lo menos cuatro veces menor que la del agua, es sobre todo la proporción de agua que hace variar la temperatura de los diversos terrenos. Los suelos húmedos son, en general, *tierras frias*.

13 — La *temperatura del suelo* en la superficie crece progresivamente desde la salida del sol hasta las primeras horas después del mediodía para disminuir en seguida hasta la salida del sol del día siguiente.

La temperatura del suelo aumenta rápidamente [hacia las 9 ó 10 de la mañana; decrece rápidamente después de la puesta de sol. El calor, comunicándose poco á poco por conductibilidad, la temperatura de las capas más profundas siguen una marcha diurna análoga. Algunas veces la transformación de la máxima y de la mínima de temperatura, presenta más dificultad á medida que aumenta la profundidad. Ya, á la profundidad de 0^m75, el maximum de la temperatura no tiene lugar sino á las 6 de la tarde, mientras que en la superficie se produce poco después de mediodía. Al mismo tiempo la *variación, de la amplitud de la oscilación diurna de temperatura* decrece rápidamente y para el mismo día, en que el minimum difiere del maximum en la superficie de 10 á 12°, no presenta á 0^m25 sino una oscilación diurna de 1 á 1°5. A un metro de profundidad, la variación diurna de temperatura pasa completamente inapercibido.

14 — La *marcha anual de la temperatura del suelo* presenta caracteres semejantes á los revelados por el exámen de la marcha diurna. El maximum y el minimum de temperatura anual se retarda con la profundidad. A la profundidad de 7 á 8 metros, el retardo es casi de seis meses. La amplitud de la oscilación anual se reduce bastante del mismo modo. De 20 á 0^m25, la oscilación anual se reduce á 10 ó 12° á 1^m00; es inferior á 1° á la profundidad de 8 metros y hace insignificante á 20 metros bajo la latitud de París. Como, por otra parte, el retardo en la propagación de los accidentes de la marcha anual de las temperaturas en la superficie, es de 1 año á esta profundidad, la constancia

absoluta de temperatura de un año á otro casi se produce: esta es la *cama de temperatura variable*. A partir de este límite, las variaciones anuales de la temperatura desaparecen, pero la temperatura del suelo aumenta más ó ménos regularmente bajo la acción del calor central del globo, á razon de 1 grado para cada 32 metros próximamente.

15 — La profundidad á que penetra la helada en el suelo durante el invierno depende á la vez de la conductibilidad del suelo para el calor y de su permeabilidad para el aire frio. M. Guillaume ha observado en Naneg en un intervalo de más de 15 dias en la penetración del hielo á 0^m12 en una arena silicosa y en un suelo gredoso. El deshielo del suelo se opera á la vez por encima bajo la acción del calor central. La progresion del deshielo por dia en el suelo no es muy rápida; es tanto más débil cuanto el período de la helada es más largo. Las diversas observaciones hechas á este respecto, indican una velocidad de penetración, variable de 15 á 30 milímetros por dia segun la duracion del período de frio. En 1789, 33 dias de helada consecutivas bajaron hasta cero á un espesor de 0^m585, la progresion diurna fué de 17^{mm}9. Esta lenta penetración del frio en el suelo permite á las raices de varios vegetales recistir á períodos de frio más ó ménos prolongados que los habrían seguramente destruido, si ellas se hubiesen desarrollado en la superficie del suelo. Si la temperatura del aire precide al desenvolvimiento exterior de la vegetación, la del suelo regla la actividad subcutánea del vegetal. No se podría decir cual es el más importante á considerar en la evolución anual del vegetal.

16 — Temperatura del aire — La temperatura del aire procede de la del suelo y la elevación progresiva de temperatura de las capas de aire se opera á la vez en virtud de su conductibilidad específica que es muy pequeña y sobre todo por medio de las corrientes de convección que toman nacimiento en la superficie del suelo sobre calentado. La temperatura comienza á elevarse desde la salida del sol; no tarde en aumentar rápidamente hasta medio dia, despues con una lentitud hacia las 2 ó 3 de la tarde. A partir de este instante, decrece más ó ménos lentamente al principio despues muy rapidamente á partir de la puesta del sol y, algunas horas más tarde, se aproxima en general á su mínimum.

La temperatura mediana de un dia se obtiene en general tomando la mediana del máximun y del mínimum diurno de temperatura.

17 — El enfriamiento rápido y progresivo de la atmósfera, despues de la puesta del sol hasta su salida, es determinada por la irra-

diación del calor terrestre hácia los espacios interplanetarios. Ponillet al calculado 140° la temperatura de estos 'espacios. Se establece así un cambio constante de temperatura entre estos dos medios por via de irradiación que se traduciría por una disminución constante de la temperatura de nuestro globo si la conducción periódica de la irradiación solar no viniese cada día á elevar nuestro nivel calorífico. Como esta disminución de temperatura constante de nuestro globo es sobre todo aparente durante la noche, se le ha dado el nombre de *irradiación nocturna*. La irradiación nocturna se produce muy desigualmente en la superficie de los distintos cuerpos expuestos en pleno aire. El enfriamiento es mucho mayor para las sustancias de superficies mate ó granuladas que para los cuerpos pulidos. La irradiación del calor terrestre se ejerce sobre todo en la dirección zenital.

Las nubes interpuestas en el trayecto de las irradiaciones emitidas bajo un ángulo más ó ménos próximo del horizonte reducen mucho la pérdida de calor. Tambien, para proteger un cuerpo contra la irradiación nocturna, basta en general, interceptaar la emisión del calor en la dirección del zénit. La intensidad de la irradiación nocturna varía mucho con la transparencia de la atmósfera. Siendo ésta máxima en primavera, es en esta época del año que las heladas, debidas á la irradiación nocturna, son más reducidas. Como, por otra parte, las heladas de primavera se producen en las noches más serenas, cuando la luna brilla más vivamente en el cielo, los jardineros han atribuido con injusticia á nuestro satélite ser la causa de los malos efectos de la helada. La observación comparada de un termómetro bajo abrigo á 2 metros del suelo y de otro expuesto al aire libre al nivel del suelo, da una idea de la intensidad de la irradiación nocturna. Durante ciertas noches serenas de primavera, la diferencia de temperaturas observadas en estas condiciones puede llegar á 3 ó 4 grados. La medida de la temperatura observada fuera de todo abrigo al nivel del suelo es, bajo este punto de vista, bastante útil para caracterizar las condiciones reales de temperatura mínima ofrecidas por la atmósfera al desarrollo de la vegetación.

18 — La medianas de las temperaturas diurnas de un mes dá la mediana de la temperatura mensual. La temperatura crece despues del mes de Setiembre hasta Febrero. La marcha anual presenta mucha analogía con la marcha de la cantidad del calor recibidas en las diversas épocas del año por el suelo horizontal, y la dependencia directa de estos dos elementos no podría ser dudosa. El aumento diario de temperatura de invierno á verano presenta una série de irregularidades en fechas

